

**PATENT**

In re Application of	:	
	:	
<b>Motonobu KAWABATA, et al.</b>	:	
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: June 23, 2003	:	Examiner:
	:	
For: OPTICAL SCANNER	:	

**Mail Stop  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450**

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

MCDERMOTT, WILL & EMERY

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 SAB:mcw  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: June 23, 2003**

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

50099-231  
June 23, 2003.  
KAWABATA et al.

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 6月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-186158

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-186158 ]

出 願 人

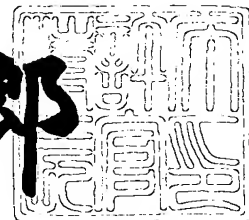
Applicant(s):

大日本スクリーン製造株式会社

2003年 3月28日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3021356

【書類名】 特許願

【整理番号】 P15-1592

【提出日】 平成14年 6月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 13/00

【発明者】

【住所又は居所】 京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の  
1 大日本スクリーン製造株式会社内

【氏名】 川端 元順

【発明者】

【住所又は居所】 京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の  
1 大日本スクリーン製造株式会社内

【氏名】 小久保 正彦

【特許出願人】

【識別番号】 000207551

【氏名又は名称】 大日本スクリーン製造株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089233

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 茂明

【選任した代理人】

【識別番号】 100088672

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉竹 英俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100088845

【弁理士】

【氏名又は名称】 有田 貴弘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012852

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005666

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光走査装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源から発せられた光ビームを反射偏向させて走査させる光偏向器と、

理想像高が焦点距離と半画角との積となる歪曲特性を有し、前記光偏向器で反射偏向した光ビームを被走査面上に結像させる結像光学系と、  
を備え、

前記結像光学系は、前記光ビームの入射側から順に、

第 1 レンズおよび第 2 レンズを貼り合わせて構成され負のパワーを有する第 1 接合レンズと、

第 3 レンズおよび第 4 レンズを貼り合わせて構成され正のパワーを有する第 2 接合レンズと、

正のパワーを有する第 5 レンズとを配列して構成され、且つ、次式（1）および（2）を満たして構成されることを特徴とする光走査装置。

【数 1】

$$\frac{L}{f} < 0.100 \quad \dots (1)$$

【数 2】

$$0.04 \leq \frac{r_1}{r_4} \leq 0.31 \quad \dots (2)$$

ここで、上式（1）中、L は、前記第 1 接合レンズの光入射面から前記第 5 レンズの光出射面までの光軸方向の長さ、f は、前記第 1 接合レンズ、前記第 2 接合レンズおよび前記第 5 レンズの合成焦点距離を示しており、上式（2）中、r<sub>1</sub> は、前記第 1 レンズにおける前記光ビームの入射側屈折面の曲率半径、r<sub>4</sub> は、前記第 3 レンズにおける前記光ビームの入射側屈折面の曲率半径を示している。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光走査装置であって、前記光ビームが 405 ナノメートル付近の中心波長をもつと共に、前記結像光学系は次式（2A）を満たす。

たして構成される、光走査装置。

【数 3】

$$0.04 \leq \frac{r1}{r4} \leq 0.17 \quad \dots (2A)$$

【請求項 3】 請求項 1 記載の光走査装置であって、前記光ビームが 635 ナノメートル付近の中心波長をもつと共に、前記結像光学系は次式 (2B) を満たして構成される、光走査装置。

【数 4】

$$0.13 \leq \frac{r1}{r4} \leq 0.31 \quad \dots (2B)$$

【請求項 4】 請求項 1 記載の光走査装置であって、前記光ビームが 785 ナノメートル付近の中心波長をもつと共に、前記結像光学系は次式 (2C) を満たして構成される、光走査装置。

【数 5】

$$0.15 \leq \frac{r1}{r4} \leq 0.22 \quad \dots (2C)$$

【請求項 5】 請求項 1～4 の何れか 1 項に記載の光走査装置であって、前記第 1 レンズおよび前記第 2 レンズは、次式 (3) で定義される部分アッベ数  $\nu$  に基づいて次式 (4) を満たす光学材料で構成される、光走査装置。

【数 6】

$$\nu = \frac{N-1}{N_{MIN}-N_{MAX}} \quad \dots (3)$$

【数 7】

$$0.48 \leq \frac{\nu1}{\nu2} \leq 0.64 \quad \dots (4)$$

ここで、上式 (3) 中、 $N$  は、前記光ビームの使用波長域の中心波長に対する屈折率、 $N_{MIN}$  は、前記光ビームの使用波長域の下限值に対する屈折率、 $N_{MAX}$  は、前記光ビームの使用波長域の上限値に対する屈折率を示しており、上式 (4) 中、 $\nu1$  は、前記第 1 レンズの部分アッベ数、 $\nu2$  は、前記第 2 レンズの部分ア

ッベ数を示している。

【請求項 6】 請求項 5 記載の光走査装置であって、405 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式（4 A）を満たして構成される、光走査装置。

【数 8】

$$0.48 \leq \frac{\nu_1}{\nu_2} \leq 0.58 \quad \dots (4 A)$$

【請求項 7】 請求項 5 記載の光走査装置であって、635 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式（4 B）を満たして構成される、光走査装置。

【数 9】

$$0.59 \leq \frac{\nu_1}{\nu_2} \leq 0.64 \quad \dots (4 B)$$

【請求項 8】 請求項 5 記載の光走査装置であって、785 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式（4 C）を満たして構成される、光走査装置。

【数 10】

$$0.61 \leq \frac{\nu_1}{\nu_2} \leq 0.64 \quad \dots (4 C)$$

【請求項 9】 請求項 1 ～ 8 の何れか 1 項に記載の光走査装置であって、前記第 3 レンズおよび前記第 4 レンズは、次式（3）で定義される部分アッベ数  $\nu$  に基づいて次式（5）を満たす光学材料で構成される、光走査装置。

【数 11】

$$\nu = \frac{N - 1}{N_{MIN} - N_{MAX}} \quad \dots (3)$$

【数 12】

$$0.42 \leq \frac{\nu_4}{\nu_3} \leq 0.64 \quad \dots (5)$$

ここで、上式（3）中、N は、前記光ビームの使用波長域の中心波長に対する

屈折率、 $N_{\text{MIN}}$ は、前記光ビームの使用波長域の下限值に対する屈折率、 $N_{\text{MAX}}$ は、前記光ビームの使用波長域の上限値に対する屈折率を示しており、上式（５）中、 $\nu 3$ は、前記第３レンズの部分アッベ数、 $\nu 4$ は、前記第４レンズの部分アッベ数を示している。

【請求項１０】 請求項９記載の光走査装置であって、４０５ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式（５Ａ）を満たして構成される、光走査装置。

【数１３】

$$0.42 \leq \frac{\nu 4}{\nu 3} \leq 0.47 \quad \cdots (5A)$$

【請求項１１】 請求項９記載の光走査装置であって、６３５ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式（５Ｂ）を満たして構成される、光走査装置。

【数１４】

$$0.48 \leq \frac{\nu 4}{\nu 3} \leq 0.64 \quad \cdots (5B)$$

【請求項１２】 請求項９記載の光走査装置であって、７８５ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式（５Ｃ）を満たして構成される、光走査装置。

【数１５】

$$0.57 \leq \frac{\nu 4}{\nu 3} \leq 0.64 \quad \cdots (5C)$$

【請求項１３】 請求項１～１２の何れか１項に記載の光走査装置であって、前記結像光学系は次式（６）を満たして構成される、光走査装置。

【数１６】

$$0.24 \leq \frac{|f 1|}{f} \leq 0.35 \quad \cdots (6)$$

ここで、上式（６）中、 $f 1$ は、前記第１接合レンズの焦点距離を示している。



【請求項 1 4】 請求項 1 3 記載の光走査装置であって、405 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記結像光学系は次式（6 A）を満たして構成される、光走査装置。

【数 1 7】

$$0.24 \leq \frac{|f_1|}{f} \leq 0.32 \quad \dots (6 A)$$

【請求項 1 5】 請求項 1 3 記載の光走査装置であって、635 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記結像光学系は次式（6 B）を満たして構成される、光走査装置。

【数 1 8】

$$0.28 \leq \frac{|f_1|}{f} \leq 0.33 \quad \dots (6 B)$$

【請求項 1 6】 請求項 1 3 記載の光走査装置であって、785 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記結像光学系は次式（6 C）を満たして構成される、光走査装置。

【数 1 9】

$$0.30 \leq \frac{|f_1|}{f} \leq 0.35 \quad \dots (6 C)$$

【請求項 1 7】 請求項 1 ～ 1 6 の何れか 1 項に記載の光走査装置であって、前記結像光学系は次式（7）を満たして構成される、光走査装置。

【数 2 0】

$$0.43 \leq \frac{f_3}{f} \leq 0.67 \quad \dots (7)$$

ここで、上式（7）中、 $f_3$  は、前記第 5 レンズの焦点距離を示している。

【請求項 1 8】 請求項 1 ～ 1 7 の何れか 1 項に記載の光走査装置であって

前記光源と前記光偏向器との間の光路上に、前記光源から発せられた光ビームを前記光偏光器の回転軸方向にのみ集束させて当該光偏光器の反射面上に結像させる結像光学系が更に配設されると共に、

前記請求項 1 記載の結像光学系は、前記第 5 レンズから出射した光ビームを、前記光偏光器の回転軸方向に集束させて前記被走査面上に結像させるアナモルフィックレンズを更に備えている、光走査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザー光などの光ビームを反射偏向させて走査させる光走査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、レーザープリンターやスキャナーなどの 2 次元画像装置は、レーザー光を精密に走査させる光走査装置を搭載している。この種の光走査装置では、レーザー光は、ガルバノミラーや回転多面鏡（ポリゴンミラー）などの光偏向器で反射偏向され、感光ドラムなどの被走査面上を走査する。光偏向器は等角速度で回転するが、被走査面上ではレーザー光を等速度で走査させなければならない。そこで、光偏向器で反射偏向したレーザー光を被走査面上で等速度で走査させる光学系として  $f \theta$ （エフ・シータ）レンズが採用されている。 $f \theta$  レンズは、理想像高  $y$  に関して  $y = f \omega$ （ $f$ ：焦点距離、 $\omega$ ：半画角）を満たす歪曲特性をもつ光学系である。

【0003】

図 4 0 および図 4 1 は、 $f \theta$  レンズを搭載した光走査装置の従来例を示す図である。図 4 0 は、Y-Z 平面に沿って展開する光走査装置の概略構成図であり、図 4 1 は、図 4 0 に示す光走査装置の光軸に沿って展開する垂直面図である。図 4 0 および図 4 1 中、符号 1 0 0 は光源（半導体レーザー）、1 0 1 はコリメータレンズ、1 0 2 はシリンドリカルレンズ、1 0 3 はポリゴンミラー、1 0 4 は  $f \theta$  レンズ、1 0 5 はアナモルフィックレンズ、1 0 6 は被走査面を表している。尚、図示する X 方向、Y 方向および Z 方向は互いに直交する。

【0004】

光源 1 0 0 は、駆動回路（図示せず）によって変調されたレーザー光 1 0 7 を

発振する。そのレーザー光 1 0 7 は、コリメータレンズ 1 0 1 で平行光にされ、シリンドリカルレンズ 1 0 2 で集束されて、ポリゴンミラー（回転多面鏡）1 0 3 の反射面 1 0 3 r の上で線状に結像する。ポリゴンミラー 1 0 3 は回転軸 1 0 3 c を中心に毎分数万回転しており、 $f \theta$  レンズ 1 0 4 は、反射面 1 0 3 r からの入射光の等角速度運動を等速度運動に変換する光学系であるため、ポリゴンミラー 1 0 3 の反射面 1 0 3 r で反射した光ビームは、等角速度に偏向して Y 方向に走査する。アナモルフィックレンズ 1 0 5 は、 $f \theta$  レンズ 1 0 4 から入射した光を、主走査方向（Y 方向）に対する垂直方向（X 方向）に集束させて被走査面 1 0 6 の上に結像させる。

## 【 0 0 0 5 】

図 4 0 に示すように、被走査面 1 0 6 上に走査線長  $W$  に亘って光ビームを走査させるため、 $f \theta$  レンズ 1 0 4 は広い全画角  $\theta$  をもつ必要がある。また、近年は、画像の大サイズ化が進行し、長い走査線長  $W$  をもつ光走査装置が要求されている。光ビームの使用波長での  $f \theta$  レンズ 1 0 4 の焦点距離を  $f$  で表すとき、 $W = f \theta$  の関係式が成立する。よって、全画角  $\theta$  を一定のまま、走査線長  $W$  を拡大しようとするれば、 $f \theta$  レンズ 1 0 4 の焦点距離  $f$  は大きくなる。他方、 $f \theta$  レンズ 1 0 4 の焦点距離  $f$  を一定のまま、走査線長  $W$  を拡大しようとする場合には、その全画角  $\theta$  を広くしなければならない。かかる場合は、 $f \theta$  レンズ 1 0 4 の口径が大きくなり、 $f \theta$  レンズ 1 0 4 の精密加工とその光学的諸収差の補正とが難しくなり、 $f \theta$  レンズ 1 0 4 の高コスト化を招き易くなる。

## 【 0 0 0 6 】

また、近年は、光走査装置のコンパクト化も要求されている。光走査装置のコンパクト化を目指した従来技術としては、日本国特許 3 0 2 4 9 0 6 号公報に記載の光走査装置が公知である。図 4 2 に示すように、その公報記載の光走査装置に搭載される  $f \theta$  レンズ 1 0 4 は、負のパワー（屈折力）を有する第 1 レンズ 1 1 1、正のパワーを有する第 2 レンズ 1 1 2 および正のパワーを有する第 3 レンズ 1 1 3 の 3 群 3 枚で構成される。その  $f \theta$  レンズ 1 0 4 の全長  $L$ （第 1 レンズ 1 1 1 の光入射側の屈曲面 1 1 1 i と第 3 レンズ 1 1 3 の光出射側の屈曲面 1 1 3 e との面間距離）と、焦点距離  $f$  との間には、 $0.100 \leq L/f \leq 0.10$

8 の関係式が成立するため、その全長  $L$  は  $0.100 \times f$  以上の長さになる。近年は、その全長  $L$  を更に短くしても光学性能が劣化しない  $f \theta$  レンズが要求されていた。

#### 【0007】

また、光源 100 が半導体レーザーで構成される場合、半導体レーザーの発振波長は動作温度に応じて変化する。 $f \theta$  レンズ 104 の色収差に起因して、その発振波長の変化に応じて光ビームの結像位置が変化し、被走査面 106 上で安定したビームスポットが得られず、画像の解像度が低下するという問題があった。例えば、半導体レーザーの光出力を急峻に立ち上げた場合、その光出力の立上げ時に半導体レーザーの動作温度が急上昇し、レーザー光の波長は長波長側へシフトする。その光出力が安定した後は、レーザー点灯状態でも動作温度が下がるために波長は短波長側へシフトする。また、半導体レーザーには、温度変化によって中心波長が不連続に変化するというモードホップや、低出力で多数の縦モードを発生させるという不安定さがある。光走査装置の用途が広くなると、半導体レーザーを低出力から高出力の間で発振させる必要がでてくるため、被走査面 106 上に安定したビームスポットを形成するように  $f \theta$  レンズ 104 の色収差を改善することが要求されていた。例えば、 $400 \text{ nm} \sim 410 \text{ nm}$  の使用波長域の半導体レーザーを採用した場合、従来の 3 群 3 枚の  $f \theta$  レンズ 104 では、画角端で約  $0.2 \text{ mm}$  もの倍率色収差が発生し、高い解像度を得ることが難しかった。

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

以上の状況に鑑みて本発明が課題とするところは、(1) 焦点距離  $f$  を増して走査線長  $W$  を長くしても、短い全長  $L$  を有し且つ高い光学性能を有する  $f \theta$  レンズを実現し、コンパクトな光走査装置を提供すること、(2) 高い色収差補正能力をもつ  $f \theta$  レンズを実現すること、にある。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、請求項 1 に係る発明は、光源から発せられた光ビー

ムを反射偏向させて走査させる光偏向器と、理想像高が焦点距離と半面角との積となる歪曲特性を有し、前記光偏向器で反射偏向した光ビームを被走査面上に結像させる結像光学系と、を備え、前記結像光学系は、前記光ビームの入射側から順に、第 1 レンズおよび第 2 レンズを貼り合わせて構成され負のパワーを有する第 1 接合レンズと、第 3 レンズおよび第 4 レンズを貼り合わせて構成され正のパワーを有する第 2 接合レンズと、正のパワーを有する第 5 レンズとを配列して構成され、且つ、次式 (1) および (2) を満たして構成されることを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

【数 2 1】

$$\frac{L}{f} < 0.100 \quad \dots (1)$$

【 0 0 1 1 】

【数 2 2】

$$0.04 \leq \frac{r1}{r4} \leq 0.31 \quad \dots (2)$$

【 0 0 1 2 】

ここで、上式 (1) 中、L は、前記第 1 接合レンズの光入射面から前記第 5 レンズの光出射面までの光軸方向の長さ、f は、前記第 1 接合レンズ、前記第 2 接合レンズおよび前記第 5 レンズの合成焦点距離を示しており、上式 (2) 中、r 1 は、前記第 1 レンズにおける前記光ビームの入射側屈折面の曲率半径、r 4 は、前記第 3 レンズにおける前記光ビームの入射側屈折面の曲率半径を示している。

【 0 0 1 3 】

請求項 2 に係る発明は、請求項 1 記載の光走査装置であって、前記光ビームが 4 0 5 ナノメートル付近の中心波長をもつと共に、前記結像光学系は次式 (2 A) を満たして構成されるものである。

【 0 0 1 4 】

【数 2 3】

$$0.04 \leq \frac{r1}{r4} \leq 0.17 \quad \dots (2A)$$

【0 0 1 5】

請求項 3 に係る発明は、請求項 1 記載の光走査装置であって、前記光ビームが 635 ナノメートル付近の中心波長をもつと共に、前記結像光学系は次式 (2B) を満たして構成されるものである。

【0 0 1 6】

【数 2 4】

$$0.13 \leq \frac{r1}{r4} \leq 0.31 \quad \dots (2B)$$

【0 0 1 7】

請求項 4 に係る発明は、請求項 1 記載の光走査装置であって、前記光ビームが 785 ナノメートル付近の中心波長をもつと共に、前記結像光学系は次式 (2C) を満たして構成されるものである。

【0 0 1 8】

【数 2 5】

$$0.15 \leq \frac{r1}{r4} \leq 0.22 \quad \dots (2C)$$

【0 0 1 9】

請求項 5 に係る発明は、請求項 1 ～ 4 の何れか 1 項に記載の光走査装置であって、前記第 1 レンズおよび前記第 2 レンズは、次式 (3) で定義される部分アッベ数  $\nu$  に基づいて次式 (4) を満たす光学材料で構成されるものである。

【0 0 2 0】

【数 2 6】

$$\nu = \frac{N-1}{N_{MIN}-N_{MAX}} \quad \dots (3)$$

【0 0 2 1】

【数 2 7】

$$0.48 \leq \frac{\nu_1}{\nu_2} \leq 0.64 \quad \cdots (4)$$

【0 0 2 2】

ここで、上式（3）中、Nは、前記光ビームの使用波長域の中心波長に対する屈折率、N<sub>MIN</sub>は、前記光ビームの使用波長域の下限值に対する屈折率、N<sub>MAX</sub>は、前記光ビームの使用波長域の上限値に対する屈折率を示しており、上式（4）中、ν<sub>1</sub>は、前記第1レンズの部分アッベ数、ν<sub>2</sub>は、前記第2レンズの部分アッベ数を示している。

【0 0 2 3】

請求項6に係る発明は、請求項5記載の光走査装置であって、405ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式（4A）を満たして構成されるものである。

【0 0 2 4】

【数 2 8】

$$0.48 \leq \frac{\nu_1}{\nu_2} \leq 0.58 \quad \cdots (4A)$$

【0 0 2 5】

請求項7に係る発明は、請求項5記載の光走査装置であって、635ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式（4B）を満たして構成されるものである。

【0 0 2 6】

【数 2 9】

$$0.59 \leq \frac{\nu_1}{\nu_2} \leq 0.64 \quad \cdots (4B)$$

【0 0 2 7】

請求項8に係る発明は、請求項5記載の光走査装置であって、785ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式（4C）を満たして構成されるものである。

【 0 0 2 8 】

【数 3 0】

$$0.61 \leq \frac{\nu_1}{\nu_2} \leq 0.64 \quad \dots (4C)$$

【 0 0 2 9 】

請求項 9 に係る発明は、請求項 1 ～ 8 の何れか 1 項に記載の光走査装置であって、前記第 3 レンズおよび前記第 4 レンズは、次式 (3) で定義される部分アッペ数  $\nu$  に基づいて次式 (5) を満たす光学材料で構成されるものである。

【 0 0 3 0 】

【数 3 1】

$$\nu = \frac{N-1}{N_{\text{MIN}}-N_{\text{MAX}}} \quad \dots (3)$$

【 0 0 3 1 】

【数 3 2】

$$0.42 \leq \frac{\nu_4}{\nu_3} \leq 0.64 \quad \dots (5)$$

【 0 0 3 2 】

ここで、上式 (3) 中、 $N$  は、前記光ビームの使用波長域の中心波長に対する屈折率、 $N_{\text{MIN}}$  は、前記光ビームの使用波長域の下限值に対する屈折率、 $N_{\text{MAX}}$  は、前記光ビームの使用波長域の上限値に対する屈折率を示しており、上式 (5) 中、 $\nu_3$  は、前記第 3 レンズの部分アッペ数、 $\nu_4$  は、前記第 4 レンズの部分アッペ数を示している。

【 0 0 3 3 】

請求項 10 に係る発明は、請求項 9 記載の光走査装置であって、405 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式 (5A) を満たして構成されるものである。

【 0 0 3 4 】



【数 3 3】

$$0.42 \leq \frac{\nu_4}{\nu_3} \leq 0.47 \quad \dots (5A)$$

【0 0 3 5】

請求項 1 1 に係る発明は、請求項 9 記載の光走査装置であって、635 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式 (5 B) を満たして構成されるものである。

【0 0 3 6】

【数 3 4】

$$0.48 \leq \frac{\nu_4}{\nu_3} \leq 0.64 \quad \dots (5B)$$

【0 0 3 7】

請求項 1 2 に係る発明は、請求項 9 記載の光走査装置であって、785 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記光学材料は次式 (5 C) を満たして構成されるものである。

【0 0 3 8】

【数 3 5】

$$0.57 \leq \frac{\nu_4}{\nu_3} \leq 0.64 \quad \dots (5C)$$

【0 0 3 9】

請求項 1 3 に係る発明は、請求項 1 ～ 1 2 の何れか 1 項に記載の光走査装置であって、前記結像光学系は次式 (6) を満たして構成されるものである。

【0 0 4 0】

【数 3 6】

$$0.24 \leq \frac{|f_1|}{f} \leq 0.35 \quad \dots (6)$$

【0 0 4 1】

ここで、上式 (6) 中、 $f_1$  は、前記第 1 接合レンズの焦点距離を示している。

【 0 0 4 2 】

請求項 1 4 に係る発明は、請求項 1 3 記載の光走査装置であって、4 0 5 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記結像光学系は次式（6 A）を満たして構成されるものである。

【 0 0 4 3 】

【数 3 7】

$$0.24 \leq \frac{|f_1|}{f} \leq 0.32 \quad \dots (6 A)$$

【 0 0 4 4 】

請求項 1 5 に係る発明は、請求項 1 3 記載の光走査装置であって、6 3 5 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記結像光学系は次式（6 B）を満たして構成されるものである。

【 0 0 4 5 】

【数 3 8】

$$0.28 \leq \frac{|f_1|}{f} \leq 0.33 \quad \dots (6 B)$$

【 0 0 4 6 】

請求項 1 6 に係る発明は、請求項 1 3 記載の光走査装置であって、7 8 5 ナノメートル付近の中心波長をもつ前記光ビームに対して、前記結像光学系は次式（6 C）を満たして構成されるものである。

【 0 0 4 7 】

【数 3 9】

$$0.30 \leq \frac{|f_1|}{f} \leq 0.35 \quad \dots (6 C)$$

【 0 0 4 8 】

請求項 1 7 に係る発明は、請求項 1 ～ 1 6 の何れか 1 項に記載の光走査装置であって、前記結像光学系は次式（7）を満たして構成されるものである。

【 0 0 4 9 】

【数 4 0】

$$0.43 \leq \frac{f_3}{f} \leq 0.67 \quad \dots (7)$$

【0 0 5 0】

ここで、上式 (7) 中、 $f_3$  は、前記第 5 レンズの焦点距離を示している。

【0 0 5 1】

請求項 1 8 に係る発明は、請求項 1 ～ 1 7 の何れか 1 項に記載の光走査装置であって、前記光源と前記光偏向器との間の光路上に、前記光源から発せられた光ビームを前記光偏向器の回転軸方向にのみ集束させて当該光偏向器の反射面上に結像させる結像光学系が更に配設されると共に、前記請求項 1 記載の結像光学系は、前記第 5 レンズから出射した光ビームを、前記光偏向器の回転軸方向に集束させて前記被走査面上に結像させるアナモルフィックレンズを更に備えているものである。

【0 0 5 2】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の種々の実施の形態について説明する。

【0 0 5 3】

光走査装置の全体構成。

図 1 は、本発明の実施の形態に係る光走査装置の全体構成を示す概略図である。尚、図示する X 方向、Y 方向および Z 方向は互いに直交する。図 1 には、紙面に平行な Y-Z 平面に沿って展開している光走査装置の概略構成が表示されている。また、図 2 は、図 1 に示す光走査装置の光軸に沿って展開する垂直面図である。

【0 0 5 4】

この光走査装置は、コリメータレンズ 2 とシリンダリカルレンズ 3 とからなる第 1 結像光学系、平面鏡 4、回転多面鏡を有する光偏向器（ポリゴンミラー）5、そして、 $f_\theta$  レンズ 6 とアナモルフィックレンズ 1 0 とからなる第 2 結像光学系を備えて構成されている。本実施の形態では、光偏向器 5 としてポリゴンミラーを採用するが、本発明ではそれに限らずガルバノミラーなどを採用してもよい。

## 【 0 0 5 5 】

半導体レーザーからなる光源 1 は、所定の中心波長をもつ光ビーム 1 2 を発振してコリメータレンズ 2 に向けて出力する。第 1 結像光学系において、コリメータレンズ 2 は、入射する光ビーム 1 2 を平行光に屈折させる。次いで、シリンドリカルレンズ 3 は、コリメータレンズ 2 からの入射光 1 2 a を、光偏向器 5 の回転軸方向（X 方向）にのみ集束させる。シリンドリカルレンズ 3 から出射した光ビーム 1 2 b は、平面鏡 4 で反射した後に光偏向器 5 の反射面 5 r 上で線状に結像する。

## 【 0 0 5 6 】

前記光偏向器 5 の反射面 5 r は回転軸 5 c に対して平行に加工されている。その反射面 5 r は、回転軸 5 c を中心軸として右回りに等角速度で高速回転しており、その反射面 5 r で反射した光ビーム 1 2 c を、 $f \theta$  レンズ 6 の光軸方向（Z 方向）に直交する Y 方向に偏向させ走査させる。また、第 2 結像光学系を構成する  $f \theta$  レンズ 6 は、理想像高  $y$  が焦点距離  $f$  と半面角  $\omega$  との積になる歪曲特性を有しており、等角速度で偏向して入射する光ビーム 1 2 c を主走査方向（Y 方向）へ等速度で走査させる。

## 【 0 0 5 7 】

そして、アナモルフィックレンズ 1 0 は、 $f \theta$  レンズ 6 から入射した光ビーム 1 2 d を、主走査方向（Y 方向）に直交し且つ  $f \theta$  レンズ 6 の光軸に直交する副走査方向（X 方向）に集束させて被走査面 1 1 上に結像させる。このアナモルフィックレンズ 1 0 は、光偏向器 5 の反射面 5 r の垂直度のズレによって生ずる反射光の倒れを補正（面倒れ補正）する特性と、後述するサジッタル像面の湾曲を補正する特性とを備えている。光偏向器 5 には複数の反射面が断面多角形状に形成されている。各反射面は、加工精度のバラツキによって回転軸 5 c の方向から径方向に僅かに倒れることがある。その反射面の倒れによって、 $f \theta$  レンズ 6 に入射する光ビーム 1 2 c の偏向方向は X 方向へ僅かにずれてしまう。本実施の形態では、図 2 に示すように、副走査方向に光ビームを集束させるアナモルフィックレンズ 1 0 を導入しているため、光偏向器 5 の反射面 5 r と被走査面 1 1 上の

最終像面とが光学的に共役な関係になる。よって、反射面 5 r の倒れによって光ビーム 1 2 c の進行方向が若干ずれたとしても、反射面 5 r と共役な結像点に光ビームを走査させることができる。これにより、光ビームを等速度（等ピッチ）で精密に走査させることが可能となる。

#### 【 0 0 5 8 】

また、前記  $f \theta$  レンズ 6 によって、メリディオナル像面およびサジッタル像面にて湾曲像面が生じる。一般に、 $f \theta$  レンズ 6 の光軸と主光線とを含む平面（メリディオナル平面）上の光束によってメリディオナル光束が定義される。本光走査装置では、メリディオナル平面は、 $f \theta$  レンズ 6 の光軸を含み主走査方向（Y 方向）に平行な Y-Z 平面であり、メリディオナル像面は、そのメリディオナル平面上のメリディオナル光束によって形成される像面である。また、主光線を含みメリディオナル光束に垂直な光束によってサジッタル光束が定義され、サジッタル像面は、そのサジッタル光束によって形成される像面として定義される。後述するように、本実施の形態に係る  $f \theta$  レンズ 6 はそのメリディオナル像面の湾曲を補正し得る光学性能を有する。また、アナモルフィックレンズ 1 0 は、主走査方向（Y 方向）における屈折力と副走査方向（X 方向）における屈折力とが異なるレンズであって、入射する光ビームを副走査方向へ集束させ結像させると共に、そのサジッタル像面の湾曲を補正する光学性能を有する。このようなアナモルフィックレンズ 1 0 としては、特開平 3 - 2 4 9 7 2 2 号公報記載の「光ビーム走査装置」のアナモルフィックレンズを採用すればよい。

#### 【 0 0 5 9 】

本実施の形態では、アナモルフィックレンズ 1 0 と  $f \theta$  レンズ 6 とは分離されているが、本発明ではこれに限らず、アナモルフィックレンズ 1 0 を  $f \theta$  レンズ 6 の一部構成要素として  $f \theta$  レンズ 6 と一体化してもよい。

#### 【 0 0 6 0 】

また、図 1 に示すように、第 1 結像光学系においてコリメータレンズ 2 からシリンдриカルレンズ 3 へ向かう光ビーム 1 2 a は、第 2 結像光学系における  $f \theta$  レンズ 6 とアナモルフィックレンズ 1 0 との間の光路を横断して平面鏡 4 に到達して反射し、光偏向器 5 の鏡面上に結像する。第 1 結像光学系と第 2 結像光学系

をそのように配置することで、光走査装置内の限られたスペースにおいて必要な光路長を確保できるため、光走査装置をコンパクトに設計できる。また、 $f\theta$  レンズ 6 の全長  $L$  が短い程に設計上の自由度が増すため、光走査装置をコンパクト化し易くなる。

#### 【 0 0 6 1 】

$f\theta$  レンズの構成.

図 3 は、本実施の形態に係る  $f\theta$  レンズ 6 の一例を示す概略断面図である。 $f\theta$  レンズ 6 は、光ビームの入射側から順に、正のパワーを有する第 1 レンズ 7 A と負のパワーを有する第 2 レンズ 7 B とを貼り合わせた第 1 接合レンズ 7、正のパワーを有する第 3 レンズ 8 A と負のパワーを有する第 4 レンズ 8 B とを貼り合わせた第 2 接合レンズ 8、そして、正のパワーを有する第 5 レンズ 9 を配列した 3 群 5 枚で構成されている。ここで、レンズのパワー（屈折力）は、当該レンズの焦点距離の逆数として定義される。

#### 【 0 0 6 2 】

この  $f\theta$  レンズ 6 は、光軸方向に全長  $L$  の寸法を有する。具体的には、全長  $L$  は、第 1 接合レンズ 7 の光ビーム入射側の屈曲面  $S_1$  の光軸上の点  $P_i$  と、第 5 レンズ 9 の光ビーム出射側の屈曲面  $S_{10}$  の光軸上の点  $P_e$  との間の距離である。今、 $f\theta$  レンズ 6 の焦点距離、すなわち第 1 レンズ 7 A ~ 第 5 レンズ 9 の合成焦点距離を  $f$  と定めるとき、この  $f\theta$  レンズ 6 は次の条件式（1）を満たすように構成される。

#### 【 0 0 6 3 】

【数 4 1】

$$\frac{L}{f} < 0.100 \quad \dots (1)$$

#### 【 0 0 6 4 】

上式（1）を満たすことで、焦点距離  $f$  に比べて非常に小さな全長  $L$  をもつ  $f\theta$  レンズ 6 を作製できる。

#### 【 0 0 6 5 】

今、 $r_1$ ：第 1 レンズ 7 A の光ビーム入射側の屈曲面  $S_1$  の曲率半径、 $r_4$ ：

第 3 レンズ 8 A の光ビーム光ビーム入射側の屈曲面  $S_5$  の曲率半径、と定めるとき、 $f \theta$  レンズ 6 は、更に、次の条件式 (2) を満たすように構成される。

【 0 0 6 6 】

【数 4 2】

$$0.04 \leq \frac{r_1}{r_4} \leq 0.31 \quad \dots (2)$$

【 0 0 6 7 】

上式 (2) を満たすことで、メリディオナル像面の湾曲補正が可能となる。すなわち、比率  $r_1 / r_4$  が上式 (2) の上限値 ( $= 0.31$ ) を超えると、メリディオナル像面は軸上像点に対してプラス側に湾曲しオーバー (補正過剰) となる。他方、比率  $r_1 / r_4$  が上式 (2) の下限値 ( $= 0.04$ ) 未満では、メリディオナル像面は軸上像点に対してマイナス側に湾曲しアンダー (補正不足) となる。従って、比率  $r_1 / r_4$  を上式 (2) で規定される数値範囲に収めることで、メリディオナル像面を適性に平坦化できる。例えば、レーザープリンターの分野では、高解像度の画像を得るために、被走査面 1 1 を走査する光ビームのスポット径は小さいことが望ましい。像面湾曲の補正により、被走査面 1 1 上を走査する光ビームのスポット径を均一に抑えることができる。

【 0 0 6 8 】

また、第 1 接合レンズ 7 および第 2 接合レンズ 8 の光学材料としては、部分アッベ数  $\nu$  で規定する硝材または光学プラスチック材を選定するのが好ましい。部分アッベ数  $\nu$  は、次式 (3) で定義される。

【 0 0 6 9 】

【数 4 3】

$$\nu = \frac{N - 1}{N_{\text{MIN}} - N_{\text{MAX}}} \quad \dots (3)$$

【 0 0 7 0 】

上式 (3) 中、 $N$  : 光ビームの中心波長に対するレンズの屈折率、 $N_{\text{MIN}}$  : 光ビームの使用波長域の下限値 (最小波長) に対するレンズの屈折率、 $N_{\text{MAX}}$  : 前記光ビームの使用波長域の上限値 (最大波長) に対するレンズの屈折率、を示し

ている。部分アッベ数 $\nu$ の分母は、光ビームの最大波長と最小波長間の波長変化に対する屈折率変化を表しており、部分アッベ数 $\nu$ は、その屈折率変化に対する屈折率 $N_A$ の割合を表している。部分アッベ数 $\nu$ が小さい程に光学材料の分散性は高くなり、部分アッベ数 $\nu$ が大きい程に光学材料の分散性は低くなる。

## 【 0 0 7 1 】

第1接合レンズ7については、正のパワーを有する第1レンズ7Aの部分アッベ数 $\nu_1$ と、負のパワーを有する第2レンズ7Bの部分アッベ数 $\nu_2$ との間には、次の条件式(4)が成立することが好ましい。

## 【 0 0 7 2 】

【数44】

$$0.48 \leq \frac{\nu_1}{\nu_2} \leq 0.64 \quad \cdots (4)$$

## 【 0 0 7 3 】

色収差には、軸上色収差（光ビームの波長によって異なる光軸上の結像位置の差）と、倍率色収差（光ビームの波長によって異なる像高方向の結像位置の差）とが存在する。第1レンズ7Aの光学材料の分散性を、第2レンズ7Bの光学材料のそれよりも高く選定し、比率 $\nu_1/\nu_2$ を上式(4)で規定する数値範囲内に収めることで、f $\theta$ レンズ6の軸上色収差と倍率色収差の双方を補正することが可能となる。

## 【 0 0 7 4 】

更に、第2接合レンズ8については、正のパワーを有する第3レンズ8Aの部分アッベ数 $\nu_3$ と、負のパワーを有する第4レンズ8Bの部分アッベ数 $\nu_4$ との間に、次の条件式(5)が成立することが好ましい。

## 【 0 0 7 5 】

【数45】

$$0.42 \leq \frac{\nu_4}{\nu_3} \leq 0.64 \quad \cdots (5)$$

## 【 0 0 7 6 】

第3レンズ8Aの光学材料の分散性を、第4レンズ8Bの光学材料のそれより



も低く選定し、比率 $\nu_4/\nu_3$ を上式(5)で規定する数値範囲内に収めることで、 $f\theta$ レンズ6の軸上色収差と倍率色収差の双方を許容範囲内に補正できる。このように、上記接合レンズ7、8の各々を構成する2枚の単体レンズの部分アッベ数の比率 $\nu_1/\nu_2$ 、 $\nu_4/\nu_3$ に着目し、上式(4)、(5)を成立させることで、3群3枚構成の $f\theta$ レンズでは難しかった倍率色収差の補正を高精度に行うことが可能である。

【0077】

また、上記 $f\theta$ レンズ6の湾曲収差を補正すべく、第1接合レンズ7の合成焦点距離 $f_1$  ( $<0$ ) について次の条件式(6)が成立することが好ましい。

【0078】

【数46】

$$0.24 \leq \frac{|f_1|}{f} \leq 0.35 \quad \dots (6)$$

【0079】

上式(6)を満たすことで、メリディオナル像面の湾曲を更に適性に補正することが可能となる。すなわち、比率 $|f_1|/f$ が上式(6)の上限値(=0.35)を超えると、メリディオナル像面は軸上像点に対してプラス側に湾曲しオーバー(補正過剰)となる。他方、比率 $|f_1|/f$ が上式(6)の下限値(=0.24)未満では、メリディオナル像面は軸上像点に対してマイナス側に湾曲しアンダー(補正不足)となる。従って、比率 $|f_1|/f$ を上式(6)で規定される数値範囲に収めることで、メリディオナル像面を平坦化できる。

【0080】

更に、被走査面11に結像される光ビームの走査特性(リニアリティ)を向上させるために、上記第5レンズ9の焦点距離 $f_3$  ( $>0$ ) について次の条件式(7)が成立することが望ましい。

【0081】

【数47】

$$0.43 \leq \frac{f_3}{f} \leq 0.67 \quad \dots (7)$$

## 【 0 0 8 2 】

上式 (7) は、 $f \theta$  レンズ 6 の焦点距離  $f$  に対する、第 5 レンズ 9 の焦点距離  $f_3$  の比率  $f_3 / f$  を所定範囲内に収めることを示している。すなわち、比率  $f_3 / f$  が上式 (7) の上限値 ( $= 0.67$ ) を超えると、被走査面 11 における光ビームの走査速度は、中心部に比べて周辺部に行く程に遅くなり、比率  $f_3 / f$  が上式 (7) の下限値 ( $= 0.43$ ) 未満では、その走査速度は、中心部に比べて周辺部に行く程に速くなるという現象が起きる。従って、上の条件式 (7) を満たす場合は、走査速度の時間変化は許容範囲内に抑えられ、光ビームを等ピッチで精密走査させることができ、画質の向上が可能となる。

## 【 0 0 8 3 】

以上の構成を有する  $f \theta$  レンズ 6 のより具体的な形態を以下に説明する。

## 【 0 0 8 4 】

第 1 の実施の形態。

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズ 6 は、中心波長 405 nm、最大波長 410 nm および最小波長 400 nm の使用波長域をもつ光ビームについて好適となるように設計される。特にその使用波長域について光学性能を最適化するために、 $f \theta$  レンズ 6 は、次の条件式 (2A), (4A), (5A) および (6A) を満たすことが好ましい。

## 【 0 0 8 5 】

【数 4 8】

$$0.04 \leq \frac{r_1}{r_4} \leq 0.17 \quad \cdots (2A)$$

## 【 0 0 8 6 】

【数 4 9】

$$0.48 \leq \frac{\nu_1}{\nu_2} \leq 0.58 \quad \cdots (4A)$$

## 【 0 0 8 7 】

【数 5 0】

$$0.42 \leq \frac{\nu_4}{\nu_3} \leq 0.47 \quad \cdots (5A)$$

【0 0 8 8】

【数 5 1】

$$0.24 \leq \frac{|f_1|}{f} \leq 0.32 \quad \cdots (6A)$$

【0 0 8 9】

(第 1 実施例) 本実施の形態に係る  $f \theta$  レンズ 6 の第 1 実施例を以下に説明する。図 3 は、この第 1 実施例の  $f \theta$  レンズ 6 の概略断面図である。以下の表 1 に、第 1 実施例の  $f \theta$  レンズ 6 の焦点距離  $f$  と、F 値 (F ナンバー) と、全画角  $\theta$  と、光源 1 で発振されるレーザ光の使用波長域とを示す。

【0 0 9 0】

【表 1】

F ナンバー	F/41
焦点距離 ( $f$ )	$f \approx 693.5\text{mm}$
全画角 ( $\theta$ )	$45.44^\circ$
中心波長 ( $\lambda_o$ )	$\lambda_o = 405\text{nm}$
使用波長域の上限値 ( $\lambda_{\max}$ )	$\lambda_{\max} = 410\text{nm}$
使用波長域の下限値 ( $\lambda_{\min}$ )	$\lambda_{\min} = 400\text{nm}$

【0 0 9 1】

また、第 1 実施例の  $f \theta$  レンズ 6 の光学的特性を示す諸量を、以下の表 2 に示す。

【0 0 9 2】

【表 2】

i	$r(i)$	$d(i)$	$n_d(i)$	$\nu_d(i)$
1	-120.4	9.8	1.62588	35.7
2	-46.75	5.0	1.60738	56.8
3	$\infty$	17.4		
4	-2150.0	15.3	1.60300	65.5
5	-66.64	7.0	1.64769	33.8
6	-181.0	0.5		
7	-1172.0	10.0	1.65160	58.5
8	-214.7			

【 0 0 9 3 】

図 3 に示すように、第 1 レンズ 7 A ～ 第 5 レンズ 9 は、屈曲面  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_5$ ,  $S_6$ ,  $S_7$ ,  $S_8$  を有する。表 2 は、屈曲面  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_5$ ,  $S_6$ ,  $S_7$ ,  $S_8$  の曲率半径を、それぞれ、 $r(1)$ ,  $r(2)$ ,  $r(3)$ ,  $r(4)$ ,  $r(5)$ ,  $r(6)$ ,  $r(7)$ ,  $r(8)$  で示し、第  $i$  屈曲面  $S_i$  ( $i: 1 \sim 7$  の整数) と第  $i+1$  屈曲面  $S_{i+1}$  との間の光軸上の面間距離を  $d(i)$  で示している。屈曲面  $S_1 \sim S_7$  に関する面間距離  $d(i)$  の総和は、 $f\theta$  レンズ 6 の全長  $L$  に等しい。尚、 $S_1$ : 第 1 レンズ 7 A の光入射側屈曲面、 $S_2$ : 第 1 レンズ 7 A の光出射側屈曲面、 $S_3$ : 第 2 レンズ 7 B の光出射側屈曲面、 $S_4$ : 第 3 レンズ 8 A の光入射側屈曲面、 $S_5$ : 第 3 レンズ 8 A の光出射側屈曲面、 $S_6$ : 第 3 レンズ 8 A の光出射側屈曲面、 $S_7$ : 第 5 レンズ 9 の光入射側屈曲面、 $S_8$ : 第 5 レンズ 9 の光出射側屈曲面、である。表 2 の中で  $r(3) = \infty$  である。これは、屈曲面  $S_3$  が曲率ゼロのフラット形状を有することを意味する。

【 0 0 9 4 】

また、上記表 2 では、第 1 レンズ 7 A、第 2 レンズ 7 B、第 3 レンズ 8 A、第 4 レンズ 8 B および第 5 レンズ 9 の  $d$  線での屈折率を、それぞれ、 $n_d(1)$ ,  $n_d(2)$ ,  $n_d(4)$ ,  $n_d(5)$  および  $n_d(7)$  で示し、第 1 レンズ 7 A、第 2 レンズ 7 B、第 3 レンズ 8 A、第 4 レンズ 8 B および第 5 レンズ 9 の  $d$  線のアッペ数を、それぞれ、 $\nu_d(1)$ ,  $\nu_d(2)$ ,  $\nu_d(4)$ ,  $\nu_d(5)$  および  $\nu_d$

(7) で示している。

【0 0 9 5】

また、上述の条件式 (1), (2), (4), (5), (6), (7) で使用した各種比率の数値を以下に示す。

【0 0 9 6】

【数 5 2】

$$L / f = 0.094$$

$$r_1 / r_4 = 0.056$$

$$\nu_1 / \nu_2 = 0.55$$

$$N_1 = 1.657577 \quad N_{1u} = 1.655935 \quad N_{1L} = 1.659306 \quad \nu_1 = 195$$

$$N_2 = 1.625521 \quad N_{2u} = 1.624657 \quad N_{2L} = 1.626421 \quad \nu_2 = 355$$

$$\nu_4 / \nu_3 = 0.439$$

$$N_3 = 1.618444 \quad N_{3u} = 1.617718 \quad N_{3L} = 1.6192 \quad \nu_3 = 417$$

$$N_4 = 1.682559 \quad N_{4u} = 1.680743 \quad N_{4L} = 1.684471 \quad \nu_4 = 183$$

$$|f_1| / f = 0.303 \quad f_1 = -210.359436803$$

$$f_3 / f = 0.563 \quad f_3 = 390.491479719$$

【0 0 9 7】

但し、 $N_1$  : 第 1 レンズ 7 A の中心波長 4 0 5 n m に対する屈折率、 $N_{1u}$  : 第 1 レンズ 7 A の最大波長 4 1 0 n m に対する屈折率、 $N_{1L}$  : 第 1 レンズ 7 A の最小波長 4 0 0 n m に対する屈折率、 $N_2$  : 第 2 レンズ 7 B の中心波長 4 0 5 n m に対する屈折率、 $N_{2u}$  : 第 2 レンズ 7 B の最大波長 4 1 0 n m に対する屈折率、 $N_{2L}$  : 第 2 レンズ 7 B の最小波長 4 0 0 n m に対する屈折率、 $N_3$  : 第 3 レンズ 8 A の中心波長 4 0 5 n m に対する屈折率、 $N_{3u}$  : 第 3 レンズ 8 A の最大波長 4 1 0 n m に対する屈折率、 $N_{3L}$  : 第 3 レンズ 8 A の最小波長 4 0 0 n m に対する屈折率、 $N_4$  : 第 4 レンズ 8 B の中心波長 4 0 5 n m に対する屈折率、 $N_{4u}$  : 第 4 レンズ 8 B の最大波長 4 1 0 n m に対する屈折率、 $N_{4L}$  : 第 4 レンズ 8 B の最小波長 4 0 0 n m に対する屈折率、を示している。

【0 0 9 8】

第 1 実施例では、前記比率  $L / f$ ,  $r_1 / r_4$ ,  $\nu_1 / \nu_2$ ,  $\nu_4 / \nu_3$ ,  $|f_1| / f$  および  $f_3 / f$  の数値は、条件式 (1), (2 A), (4 A), (5 A), (6 A) および (7) を満たすことが分かる。

【0 0 9 9】

以上の光学特性を有する  $f\theta$  レンズ 6 の球面収差（縦収差）を測定した。図 4 は、3 波長（405 nm, 400 nm, 410 nm）の光ビームに関する球面収差図である。 $f\theta$  レンズ 6 で屈折した光ビームが光軸と交わる点は、入射瞳に入る高さ（入射瞳半径）によって異なる。図 4 の球面収差図の縦軸は、入射瞳半径の端を“1”に規格化した瞳座標を示しており、その横軸は、 $f\theta$  レンズ 6 で屈折した光ビームが光軸と交わる位置すなわち球面収差  $\Delta S_2$ （単位：ミリメートル）を示している。また、収差曲線 20c, 20u, 20d は、それぞれ、波長 405 nm, 410 nm, 400 nm の光ビームに対応する曲線である。また、図 4 に、瞳座標がゼロの値をとるときの収差曲線 20c, 20u, 20d の部分拡大図 21 と、瞳座標が“1”の値をとるときの収差曲線 20c, 20u, 20d の部分拡大図 22 とを示す。

## 【0100】

図 4 に示す球面収差  $\Delta S_2$  の測定結果から、最小波長 400 nm と最大波長 410 nm との間の軸上色収差は 0.0081 mm であり、軸上色収差が適性に補正されていることが分かった。

## 【0101】

また、第 1 実施例の  $f\theta$  レンズ 6 の非点収差（縦収差）を測定した。図 5 は、3 波長（405 nm, 400 nm, 410 nm）の光ビームに関する非点収差図である。図 5 に示す収差図の横軸は、各波長のメリディオナル像面およびサジッタル像面の軸上像点からのズレ  $\Delta S_3$ （単位：ミリメートル）を示し、その縦軸は半画角  $\omega$ （単位：°）を示している。図 5 中、符号 23Sc は、中心波長 405 nm の光束のサジッタル像面、23Su は、最大波長 410 nm の光束のサジッタル像面、23Sd は、最小波長 400 nm の光束のサジッタル像面を示しており、また、符号 23Mc は、中心波長 405 nm の光束のメリディオナル像面、23Mu は、最大波長 410 nm の光束のメリディオナル像面、23Md は、最小波長 400 nm の光束のメリディオナル像面を示している。また、図 5 に、半画角  $\omega$  が 22.75° となる付近のメリディオナル像面の収差曲線 23Mu, 23Mc, 23Md の部分拡大図 24 を示す。

## 【0102】

図 5 に示す収差図により、各波長のメリディオナル像面は比較的平坦に補正されていることが分かる。

#### 【 0 1 0 3 】

また、第 1 実施例の  $f \theta$  レンズ 6 の横収差を測定した。図 6 ～図 1 1 に、3 波長 (4 1 0 nm, 4 0 5 nm, 4 0 0 nm) の光ビームに関する  $f \theta$  レンズ 6 の横収差図を示す。横収差は、入射瞳の高さ  $h^*$  の位置を通過した光束が像面を貫く像点の、主光線の像点からのズレとして定義される。図 6 ～図 1 1 の横軸は入射瞳の高さ  $h^*$  を示している。また、図 6, 図 8 および図 1 0 の縦軸は、メリディオナル光束についての Y 方向の横収差  $\Delta Y$  (単位: ミリメートル) を示し、図 7, 図 9 および図 1 1 の縦軸は、サジッタル光束についての X 方向の横収差  $\Delta X$  (単位: ミリメートル) を示している。

#### 【 0 1 0 4 】

更に、光偏向器 5 で反射偏向した主光線の偏向方向と  $f \theta$  レンズ 6 の光軸とがなす角度を  $\phi$  で表すとすれば、図 6 と図 7 は、角度  $\phi = 22.70^\circ$  のときの横収差図、図 8 と図 9 は角度  $\phi = 15.89^\circ$  のときの横収差図、そして、図 1 0 と図 1 1 は角度  $\phi = 0^\circ$  のときの横収差図である。

#### 【 0 1 0 5 】

以上の図 6 ～図 1 1 には、横収差の波長変化が表示されている。図 6, 図 8 および図 1 0 には、それぞれ、中心波長 4 0 5 nm の光束の収差曲線 2 5 c、最大波長 4 1 0 nm の光束の収差曲線 2 5 u、および最小波長 4 0 0 nm の光束の収差曲線 2 5 d が表示される。また、図 6 と図 8 には、それぞれ、入射瞳の高さ  $h^*$  がゼロになる付近の収差曲線 2 5 c, 2 5 u, 2 5 d の部分拡大図 2 6 が表示されている。また、図 7, 図 9 および図 1 1 には、それぞれ、中心波長 4 0 5 nm の光束の収差曲線 2 7 c、最大波長 4 1 0 nm の光束の収差曲線 2 7 u、および最小波長 4 0 0 nm の光束の収差曲線 2 7 d を表示した。

#### 【 0 1 0 6 】

図 6 ～図 1 1 の横収差の測定結果により、使用波長域 4 0 0 nm ～ 4 1 0 nm での倍率色収差は、最大で 0.0036 mm であり、倍率色収差が適性に補正されていることが確認された。

## 【 0 1 0 7 】

次に、第 1 実施例の  $f \theta$  レンズ 6 の走査特性の指標となる  $f \theta$  特性を測定したところ、 $f \theta$  特性は 0. 29 % であり、良好な数値が得られた。 $f \theta$  特性は、以下の手順 A ～ E によって測定される。

## 【 0 1 0 8 】

手順 A :  $f \theta$  レンズ 6 の全面角  $\theta$  を 10 等分して、光偏向器 5 の平均回転角度  $\langle \theta \rangle$  を計算する。 $\langle \theta \rangle = \theta / 10 / 2$  である。図 12 に示すように、光偏向器 5 の平均回転角度  $\langle \theta \rangle$  に対して、入射光 15 は光偏向器 5 で反射し、光ビーム 16 から光ビーム 16' へ角度変化  $2 \times \langle \theta \rangle$  で偏向する。また、光ビームが被走査面 11 上を等速度で走査する理想状態では、その平均回転角度  $\langle \theta \rangle$  に対する光ビームの走査距離は、 $W / 10$  となる ( $W = f \theta$  : 走査線長)。

## 【 0 1 0 9 】

手順 B : 光偏向器 5 が平均回転角度  $\langle \theta \rangle$  ずつ回転する各時点で、被走査面 11 上の光ビームの照射位置を測定する。1 回の走査開始から走査終了までの期間に、11 点の照査位置  $Y_1 \sim Y_{11}$  が測定される。光ビームが被走査面 11 上を等速度で走査する理想状態では、被走査面 11 上の走査開始位置を  $Y_1$  とすれば、 $Y_2 = Y_1 + W / 10$ ,  $Y_3 = Y_2 + W / 10$ , ...,  $Y_{n+1} = Y_n + W / 10$ ,  $Y_{11} = Y_{10} + W / 10$ 、となる。

## 【 0 1 1 0 】

手順 C : 各照査位置間の測定距離  $Y_{n+1} - Y_n$  ( $n = 1 \sim 10$ ) を計算する。この測定距離  $Y_{n+1} - Y_n$  は各照査位置間における光ビームの走査速度に略比例すると考えられる。

## 【 0 1 1 1 】

手順 D : 理想状態での照射位置間距離  $W / 10$  に対する測定距離  $Y_{n+1} - Y_n$  の比率  $D_n$  を計算する。すなわち、比率  $D_n$  ( $n = 1 \sim 10$ ) は次式 (8) に従って計算される。

## 【 0 1 1 2 】



【数 5 3】

$$D_n = (Y_{n+1} - Y_n) / (W / 10) \quad \dots (8)$$

【0 1 1 3】

手順 E : 比率  $D_n$  ( $n = 1 \sim 10$ ) の最大値を  $D_{\max}$ 、その最小値を  $D_{\min}$ 、比率  $D_n$  の算術平均値を  $D_{\text{ave}}$  で表すとき、 $f \theta$  特性 (単位 : パーセント) は次式 (9) に従って算出される。

【0 1 1 4】

【数 5 4】

$$f \theta \text{ 特性} = 100 \times (D_{\max} - D_{\min}) / D_{\text{ave}} \quad \dots (9)$$

【0 1 1 5】

$f \theta$  特性の値が小さい程に、 $f \theta$  レンズ 6 のリニアリティは良好になり、光ビームを等ピッチで走査させることができる。

【0 1 1 6】

以下の表 3 に、上記した照射位置  $Y_n$ 、距離  $Y_{n+1} - Y_n$  および比率  $D_n$  の測定値を示す。

【0 1 1 7】

【表 3】

$$D_n = (Y_{n+1} - Y_n) / (W/10)$$

n	1	2	3	4	5
$Y_{n+1}$	275.41528	220.31487	165.15774	110.04522	55.00039
$Y_n$	220.31487	165.15774	110.04522	55.00039	0.00018
$Y_{n+1} - Y_n$	55.10041	55.15713	55.11252	55.04483	55.00021
$D_n$	1.00183	1.00286	1.00205	1.00082	1.00000

n	6	7	8	9	10
$Y_{n+1}$	0.00018	-55.00004	-110.04494	-165.15764	-220.31487
$Y_n$	-55.00004	-110.04494	-165.15764	-220.31487	-275.41521
$Y_{n+1} - Y_n$	55.00022	55.04490	55.11270	55.15723	55.10034
$D_n$	1.00000	1.00082	1.00205	1.00286	1.00182

【 0 1 1 8 】

また、以下の表 4 に、表 3 に掲げた測定値を用いて算出した比率  $D_n$  の最大値  $D_{\max}$ 、最小値  $D_{\min}$ 、平均値  $D_{\text{ave}}$  および  $f \theta$  特性の値を示す。

【 0 1 1 9 】

【表 4】

$D_{\max}$	1.00286
$D_{\min}$	1.00000
$D_{\text{ave}}$	1.00151
$f \theta$ 特性	0.29 %

【 0 1 2 0 】

(第2実施例) 次に、第2の実施の形態に係る  $f\theta$  レンズ6の第2実施例を以下に説明する。図13は、第2実施例の  $f\theta$  レンズ6の概略断面図である。また、表5に、第2実施例の  $f\theta$  レンズ6の焦点距離  $f$  と、F値 (Fナンバー) と、全画角  $\theta$  と、光源1で発振されるレーザ光の使用波長域とを示す。

【0121】

【表5】

Fナンバー	F/41
焦点距離 ( $f$ )	$f = 692.5\text{mm}$
全画角 ( $\theta$ )	$45.5^\circ$
中心波長 ( $\lambda_o$ )	$\lambda_o = 405\text{nm}$
使用波長域の上限値 ( $\lambda_{\max}$ )	$\lambda_{\max} = 410\text{nm}$
使用波長域の下限値 ( $\lambda_{\min}$ )	$\lambda_{\min} = 400\text{nm}$

【0122】

また、第2実施例の  $f\theta$  レンズ6の光学特性を示す諸量は、以下の表6の通りである。

【0123】

【表6】

$i$	$r(i)$	$d(i)$	$n_d(i)$	$\nu_d(i)$
1	-116.07936	11.959432	1.63980	34.5
2	-42.26902	5.000000	1.62230	53.2
3	$\infty$	14.345617		
4	-2431.05107	15.857296	1.61800	63.4
5	-64.82406	7.000000	1.67270	32.1
6	-159.27833	0.837654		
7	-1762.10814	10.000000	1.64000	60.1
8	-248.71440			

【0124】

また、上述の条件式 (1), (2), (4), (5), (6), (7) で使用

した各種比率の数値を以下に示す。

【0 1 2 5】

【数 5 5】

$L / f = 0.094$   
 $r_1 / r_4 = 0.048$   
 $\nu_1 / \nu_2 = 0.578$   
 $N_1 = 1.673489 \quad N_1 u = 1.67174 \quad N_1 L = 1.67533 \quad \nu_1 = 188$   
 $N_2 = 1.642343 \quad N_2 u = 1.641375 \quad N_2 L = 1.643353 \quad \nu_2 = 325$   
 $\nu_4 / \nu_3 = 0.429$   
 $N_3 = 1.634451 \quad N_3 u = 1.633674 \quad N_3 L = 1.635261 \quad \nu_3 = 400$   
 $N_4 = 1.711115 \quad N_4 u = 1.709095 \quad N_4 L = 1.713245 \quad \nu_4 = 171$   
 $|f_1| / f = 0.287 \quad f_1 = -198.626971124$   
 $f_3 / f = 0.634 \quad f_3 = 439.101300826$

【0 1 2 6】

本実施例では、前記比率  $L / f$ ,  $r_1 / r_4$ ,  $\nu_1 / \nu_2$ ,  $\nu_4 / \nu_3$ ,  $|f_1| / f$  および  $f_3 / f$  の数値は、条件式 (1), (2 A), (4 A), (5 A), (6 A) および (7) を満たすことが分かる。

【0 1 2 7】

以上の光学特性を有する  $f \theta$  レンズ 6 の軸上色収差、非点収差、倍率色収差および  $f \theta$  特性を、上記第 1 実施例と同様な方法で測定した。

【0 1 2 8】

図 1 4 は、3 波長 (4 0 5 n m, 4 0 0 n m, 4 1 0 n m) の光ビームに関する  $f \theta$  レンズ 6 の球面収差図である。図 1 4 に示す収差図には、中心波長 4 0 5 n m に対する収差曲線 3 1 c と、最大波長 4 1 0 n m に対する収差曲線 3 1 u と、最小波長 4 0 0 n m に対する収差曲線 3 1 d とがプロットされている。また、図 1 4 に、瞳座標がゼロの値をとる付近の収差曲線 3 1 c, 3 1 u, 3 1 d の部分拡大図 3 2 と、瞳座標が "1" の値をとる付近の収差曲線 3 1 c, 3 1 u, 3 1 d の部分拡大図 3 3 とを示す。図 1 4 に示す球面収差  $\Delta S_2$  の測定結果から、最大波長 4 1 0 n m と最小波長 4 0 0 n m との間の軸上色収差は 0. 0 1 9 6 m m であり、軸上色収差が適性に補正されていることが分かった。

【0 1 2 9】

また、図 1 5 は、3 波長 (4 0 5 n m, 4 0 0 n m, 4 1 0 n m) の光ビーム

に関する非点収差図である。図 1 5 中、符号 3 4 S c は、中心波長 4 0 5 n m の光束のサジッタル像面、3 4 S u は、最大波長 4 1 0 n m の光束のサジッタル像面、3 4 S d は、最小波長 4 0 0 n m の光束のサジッタル像面を示しており、また、符号 3 4 M c は、中心波長 4 0 5 n m の光束のメリディオナル像面、3 4 M u は、最大波長 4 1 0 n m の光束のメリディオナル像面、3 4 M d は、最小波長 4 0 0 n m の光束のメリディオナル像面を示している。また、図 1 5 に、半画角  $\omega$  が  $22.75^\circ$  となる付近のメリディオナル像面の収差曲線 3 4 M u, 3 4 M c, 3 4 M d の部分拡大図 3 5 を示す。

## 【 0 1 3 0 】

図 1 5 に示す収差図により、各波長のメリディオナル像面は比較的平坦に補正されていることが分かる。

## 【 0 1 3 1 】

また、図 1 6 ～図 2 1 は、3 波長 ( 4 0 5 n m, 4 0 0 n m, 4 1 0 n m ) の光ビームに関する  $f \theta$  レンズ 6 の横収差図である。図 1 6, 図 1 8 および図 2 0 は、それぞれ、上記の角度  $\phi$  が  $22.75^\circ$ ,  $15.93^\circ$  および  $0^\circ$  の場合のメリディオナル光束についての横収差  $\Delta Y$  を表している。図中の符号 3 6 c は、中心波長 4 0 5 n m の光束の収差曲線、3 6 u は、最大波長 4 1 0 n m の光束の収差曲線、3 6 d は、最小波長 4 0 0 n m の光束の収差曲線を示す。図 1 6 と図 1 8 には、それぞれ、入射瞳の高さ  $h^*$  がゼロになる付近の収差曲線 3 6 c, 3 6 u, 3 6 d の部分拡大図 3 7 が表示されている。

## 【 0 1 3 2 】

また、図 1 7, 図 1 9 および図 2 1 は、それぞれ、角度  $\phi$  が  $22.75^\circ$ ,  $15.93^\circ$  および  $0^\circ$  の場合のサジッタル光束についての横収差  $\Delta X$  を表している。図中の符号 3 8 c は、中心波長 4 0 5 n m の光束の収差曲線、3 8 u は、最大波長 4 1 0 n m の光束の収差曲線、3 8 d は、最小波長 4 0 0 n m の光束の収差曲線を示す。

## 【 0 1 3 3 】

以上の図 1 6 ～図 2 1 の横収差の測定結果により、使用波長域 4 0 0 n m ～ 4 1 0 n m での倍率色収差は、最大で 0.0025 mm であり、倍率色収差が適性

に補正されていることが確認された。

【 0 1 3 4 】

また、第 2 実施例の  $f \theta$  レンズ 6 の  $f \theta$  特性は 0. 3 3 % であり、良好な数値が得られた。以下の表 7 に、上記した照射位置  $Y_n$ 、距離  $Y_{n+1} - Y_n$  および比率  $D_n$  の測定値を示す。

【 0 1 3 5 】

【表 7】

$$D_n = (Y_{n+1} - Y_n) / (W/10)$$

n	1	2	3	4	5
$Y_{n+1}$	275.51389	220.36394	165.17847	110.05186	55.00166
$Y_n$	220.36394	165.17847	110.05186	55.00166	0.00019
$Y_{n+1} - Y_n$	55.14995	55.18546	55.12661	55.05020	55.00147
$D_n$	1.00273	1.00337	1.00230	1.00091	1.00003

n	6	7	8	9	10
$Y_{n+1}$	0.00019	-55.00131	-110.05164	-165.17844	-220.36394
$Y_n$	-55.00131	-110.05164	-165.17844	-220.36394	-275.51380
$Y_{n+1} - Y_n$	55.00150	55.05033	55.12680	55.18551	55.14985
$D_n$	1.00003	1.00092	1.00231	1.00337	1.00272

【 0 1 3 6 】

また、以下の表 8 に、表 7 に掲げた測定値を用いて算出した比率  $D_n$  の最大値  $D_{\max}$ 、最小値  $D_{\min}$ 、平均値  $D_{\text{ave}}$  および  $f \theta$  特性の値を示す。

【 0 1 3 7 】

【表 8】

$D_{\max}$	1.00337
$D_{\min}$	1.00003
$D_{ave}$	1.00187
$f \theta$ 特性	0.33 %

【0 1 3 8】

第 2 の実施の形態.

次に、第 2 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズ 6 について説明する。この  $f \theta$  レンズ 6 は、中心波長 6 3 5 n m、最大波長 6 4 5 n m および最小波長 6 2 5 n m の使用波長域をもつ光ビームについて好適となるように設計される。特にその使用波長域について光学性能を最適化するために、 $f \theta$  レンズ 6 は、次の条件式（2 B），（4 B），（5 B）および（6 B）を満たすことが好ましい。

【0 1 3 9】

【数 5 6】

$$0.13 \leq \frac{r1}{r4} \leq 0.31 \quad \dots (2 B)$$

【0 1 4 0】

【数 5 7】

$$0.59 \leq \frac{\nu 1}{\nu 2} \leq 0.64 \quad \dots (4 B)$$

【0 1 4 1】

【数 5 8】

$$0.48 \leq \frac{\nu 4}{\nu 3} \leq 0.64 \quad \dots (5 B)$$

【0 1 4 2】

【数 5 9】

$$0.28 \leq \frac{|f_1|}{f} \leq 0.33 \quad \dots (6B)$$

【0 1 4 3】

本実施の形態に係る f θ レンズ 6 の一実施例を以下に説明する。図 2 2 は、本実施例の f θ レンズ 6 の概略断面図である。また、以下の表 9 に、本実施例の f θ レンズ 6 の焦点距離 f と、F 値（F ナンバー）と、全画角 θ と、光源 1 で発振されるレーザー光の使用波長域とを示す。

【0 1 4 4】

【表 9】

F ナンバー	F / 31.5
焦点距離（f）	f = 700mm
全画角（θ）	45°
中心波長（λ <sub>o</sub> ）	λ <sub>o</sub> = 635nm
使用波長域の上限値（λ <sub>max</sub> ）	λ <sub>max</sub> = 645nm
使用波長域の下限値（λ <sub>min</sub> ）	λ <sub>min</sub> = 625nm

【0 1 4 5】

また、本実施例の f θ レンズ 6 の光学特性を示す諸量は、以下の表 1 0 の通りである。

【0 1 4 6】



【表 1 0】

i	r(i)	d(i)	$n_d(i)$	$\nu_d(i)$
1	-129.59152	8.413322	1.71736	29.5
2	-43.61373	3.000000	1.70000	48.1
3	-1057.81883	18.762723		
4	-428.70762	20.000000	1.72000	46.0
5	-52.07674	4.323955	1.74000	28.3
6	-203.20428	0.500000		
7	26100.37502	10.000000	1.63854	55.4
8	-207.43205			

【 0 1 4 7】

また、上述の条件式 (1), (2), (4), (5), (6), (7) で使用した各種比率の数値を以下に示す。

【 0 1 4 8】

【数 6 0】

$$L / f = 0.093$$

$$r_1 / r_4 = 0.302$$

$$\nu_1 / \nu_2 = 0.639$$

$$N_1 = 1.712251 \quad N_{1u} = 1.711324 \quad N_{1L} = 1.713225 \quad \nu_1 = 375$$

$$N_2 = 1.69684 \quad N_{2u} = 1.69626 \quad N_{2L} = 1.697448 \quad \nu_2 = 587$$

$$\nu_4 / \nu_3 = 0.639$$

$$N_3 = 1.716618 \quad N_{3u} = 1.715997 \quad N_{3L} = 1.717268 \quad \nu_3 = 564$$

$$N_4 = 1.73451 \quad N_{4u} = 1.733516 \quad N_{4L} = 1.735556 \quad \nu_4 = 360$$

$$|f_1| / f = 0.321 \quad f_1 = -224.682692012$$

$$f_3 / f = 0.462 \quad f_3 = 323.617309591$$

【 0 1 4 9】

但し、 $N_1$ ：第1レンズ7Aの中心波長635nmに対する屈折率、 $N_{1u}$ ：第1レンズ7Aの最大波長645nmに対する屈折率、 $N_{1L}$ ：第1レンズ7Aの最小波長625nmに対する屈折率、 $N_2$ ：第2レンズ7Bの中心波長635nmに対する屈折率、 $N_{2u}$ ：第2レンズ7Bの最大波長645nmに対する屈折率、 $N_{2L}$ ：第2レンズ7Bの最小波長625nmに対する屈折率、 $N_3$ ：第3レンズ8Aの中心波長635nmに対する屈折率、 $N_{3u}$ ：第3レンズ8Aの

最大波長 6 4 5 n m に対する屈折率、N 3 L : 第 3 レンズ 8 A の最小波長 6 2 5 n m に対する屈折率、N 4 : 第 4 レンズ 8 B の中心波長 6 3 5 n m に対する屈折率、N 4 u : 第 4 レンズ 8 B の最大波長 6 4 5 n m に対する屈折率、N 4 L : 第 4 レンズ 8 B の最小波長 6 2 5 n m に対する屈折率、を示している。

## 【 0 1 5 0 】

本実施例では、前記比率  $L/f$ ,  $r_1/r_4$ ,  $v_1/v_2$ ,  $v_4/v_3$ ,  $|f_1|/f$  および  $f_3/f$  の数値は、条件式 (1), (2 B), (4 B), (5 B), (6 B) および (7) を満たすことが分かる。

## 【 0 1 5 1 】

以上の光学特性を有する  $f \theta$  レンズ 6 の軸上色収差、非点収差、倍率色収差および  $f \theta$  特性を、上記第 1 実施例と同様な方法で測定した。

## 【 0 1 5 2 】

図 2 3 は、3 波長 (6 3 5 n m, 6 2 5 n m, 6 4 5 n m) の光ビームに関する  $f \theta$  レンズ 6 の球面収差図である。図 2 3 に示す収差図には、中心波長 6 3 5 n m に対する収差曲線 4 3 c と、最大波長 6 4 5 n m に対する収差曲線 4 3 u と、最小波長 6 2 5 n m に対する収差曲線 4 3 d とがプロットされている。また、図 2 3 に、瞳座標がゼロの値をとる付近の収差曲線 4 3 c, 4 3 u, 4 3 d の部分拡大図 4 5 と、瞳座標が "1" の値をとる付近の収差曲線 4 3 c, 4 3 u, 4 3 d の部分拡大図 4 4 とを示す。図 2 3 に示す球面収差  $\Delta S_2$  の測定結果から、最大波長 6 4 5 n m と最小波長 6 2 5 n m との間の軸上色収差は 0. 0 5 2 8 m m であり、軸上色収差が適性に補正されていることが分かった。

## 【 0 1 5 3 】

また、図 2 4 は、3 波長 (6 3 5 n m, 6 2 5 n m, 6 4 5 n m) の光ビームに関する非点収差図である。図 2 4 中、符号 4 6 S c は、中心波長 6 3 5 n m の光束のサジッタル像面、4 6 S u は、最大波長 6 4 5 n m の光束のサジッタル像面、4 6 S d は、最小波長 6 2 5 n m の光束のサジッタル像面を示しており、また、符号 4 6 M c は、中心波長 6 3 5 n m の光束のメリディオナル像面、4 6 M u は、最大波長 6 4 5 n m の光束のメリディオナル像面、4 6 M d は、最小波長 6 2 5 n m の光束のメリディオナル像面を示している。

## 【 0 1 5 4 】

図 2 4 に示す収差図により、各波長のメリディオナル像面は比較的平坦に補正されていることが分かる。

## 【 0 1 5 5 】

また、図 2 5 ～図 3 0 は、3 波長 ( 6 3 5 n m , 6 2 5 n m , 6 4 5 n m ) の光ビームに関する  $f \theta$  レンズ 6 の横収差図である。図 2 5 , 図 2 7 および図 2 9 は、それぞれ、上記の角度  $\phi$  が  $22.50^\circ$  ,  $15.75^\circ$  および  $0^\circ$  の場合のメリディオナル光束についての横収差  $\Delta Y$  を表している。図中の符号 4 7 c は、中心波長 6 3 5 n m の光束の収差曲線、4 7 u は、最大波長 6 4 5 n m の光束の収差曲線、4 7 d は、最小波長 6 2 5 n m の光束の収差曲線を示す。また、図 2 5 と図 2 7 には、それぞれ、入射瞳の高さ  $h^*$  がゼロになる付近の収差曲線 4 7 c , 4 7 u , 4 7 d の部分拡大図 4 8 が表示されている。

## 【 0 1 5 6 】

また、図 2 6 , 図 2 8 および図 3 0 は、それぞれ、角度  $\phi$  が  $22.50^\circ$  ,  $15.93^\circ$  および  $0^\circ$  の場合のサジッタル光束についての横収差  $\Delta X$  を表している。図中の符号 4 9 c は、中心波長 6 3 5 n m の光束の収差曲線、4 9 u は、最大波長 6 4 5 n m の光束の収差曲線、4 9 d は、最小波長 6 2 5 n m の光束の収差曲線を示す。

## 【 0 1 5 7 】

以上の図 2 5 ～図 3 0 の横収差の測定結果により、使用波長域 6 2 5 n m ～ 6 3 5 n m での倍率色収差は、最大で 0.0029 mm であり、倍率色収差が適性に補正されていることが確認された。

## 【 0 1 5 8 】

また、本実施例の  $f \theta$  レンズ 6 の  $f \theta$  特性は 0.27 % であり、良好な数値が得られた。以下の表 1 1 に、上記した照射位置  $Y_n$ 、距離  $Y_{n+1} - Y_n$  および比率  $D_n$  の測定値を示す。

## 【 0 1 5 9 】

【表 1 1】

$$D_n = (Y_{n+1} - Y_n) / (W/10)$$

n	1	2	3	4	5
$Y_{n+1}$	275.46005	220.35350	165.19240	110.07214	55.01526
$Y_n$	220.35350	165.19240	110.07214	55.01526	0.00039
$Y_{n+1} - Y_n$	55.10655	55.16110	55.12026	55.05688	55.01487
$D_n$	1.00194	1.00293	1.00219	1.00103	1.00027

n	6	7	8	9	10
$Y_{n+1}$	0.00039	-55.01454	-110.07160	-165.19214	-220.35347
$Y_n$	-55.01454	-110.07160	-165.19214	-220.35347	-275.46022
$Y_{n+1} - Y_n$	55.01493	55.05706	55.12054	55.16134	55.10675
$D_n$	1.00027	1.00104	1.00219	1.00293	1.00194

【 0 1 6 0】

また、以下の表 1 2 に、表 1 1 に掲げた測定値を用いて算出した比率  $D_n$  の最大値  $D_{\max}$ 、最小値  $D_{\min}$ 、平均値  $D_{\text{ave}}$  および  $f \theta$  特性の値を示す。

【 0 1 6 1】

【表 1 2】

$D_{\max}$	1.00293
$D_{\min}$	1.00027
$D_{\text{ave}}$	1.00167
$f \theta$ 特性	0.27 %

【 0 1 6 2】

## 第 3 の実施の形態.

次に、第 3 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズ 6 について説明する。この  $f \theta$  レンズ 6 は、中心波長 785 nm、最大波長 800 nm および最小波長 770 nm の使用波長域をもつ光ビームについて好適となるように設計される。特にその使用波長域について光学性能を最適化するために、 $f \theta$  レンズ 6 は、次の条件式 (2C), (4C), (5C) および (6C) を満たすことが好ましい。

【0163】

【数 6 1】

$$0.15 \leq \frac{r1}{r4} \leq 0.22 \quad \dots (2C)$$

【0164】

【数 6 2】

$$0.61 \leq \frac{\nu 1}{\nu 2} \leq 0.64 \quad \dots (4C)$$

【0165】

【数 6 3】

$$0.57 \leq \frac{\nu 4}{\nu 3} \leq 0.64 \quad \dots (5C)$$

【0166】

【数 6 4】

$$0.30 \leq \frac{|f1|}{f} \leq 0.35 \quad \dots (6C)$$

【0167】

本実施の形態に係る  $f \theta$  レンズ 6 の一実施例を以下に説明する。図 3 1 は、本実施例の  $f \theta$  レンズ 6 の概略断面図である。また、以下の表 1 3 に、本実施例の  $f \theta$  レンズ 6 の焦点距離  $f$  と、F 値 (F ナンバー) と、全画角  $\theta$  と、光源 1 で発振されるレーザー光の使用波長域とを示す。

【0168】

【表 1 3】

F ナンバー	$F/29.17$
焦点距離 ( $f$ )	$f = 700\text{mm}$
全画角 ( $\theta$ )	$45^\circ$
中心波長 ( $\lambda_o$ )	$\lambda_o = 785\text{nm}$
使用波長域の上限値 ( $\lambda_{\max}$ )	$\lambda_{\max} = 800\text{nm}$
使用波長域の下限値 ( $\lambda_{\min}$ )	$\lambda_{\min} = 770\text{nm}$

【 0 1 6 9 】

また、本実施例の  $f \theta$  レンズ 6 の光学特性を示す諸量は、以下の表 1 4 の通りである。

【 0 1 7 0 】

【表 1 4】

$i$	$r(i)$	$d(i)$	$n_d(i)$	$\nu_d(i)$
1	-130.39786	11.183420	1.69895	30.1
2	-40.73911	3.000000	1.69680	55.5
3	1897.68569	10.544729		
4	-838.95467	26.771852	1.69680	55.5
5	-45.27285	3.000000	1.69895	30.1
6	-215.77159	0.500000		
7	10350.02614	10.000000	1.64850	53.0
8	-197.92456			

【 0 1 7 1 】

また、上述の条件式 (1), (2), (4), (5), (6), (7) で使用した各種比率の数値を以下に示す。

【 0 1 7 2 】

## 【数 6 5】

$$L / f = 0.093$$

$$r_1 / r_4 = 0.155$$

$$\nu_1 / \nu_2 = 0.633$$

$$N_1 = 1.684118 \quad N_{1u} = 1.683409 \quad N_{1L} = 1.684866 \quad \nu_1 = 470$$

$$N_2 = 1.688053 \quad N_{2u} = 1.687599 \quad N_{2L} = 1.688526 \quad \nu_2 = 742$$

$$\nu_4 / \nu_3 = 0.633$$

$$N_3 = 1.688053 \quad N_{3u} = 1.687599 \quad N_{3L} = 1.688526 \quad \nu_3 = 742$$

$$N_4 = 1.684118 \quad N_{4u} = 1.683409 \quad N_{4L} = 1.684866 \quad \nu_4 = 470$$

$$|f_1| / f = 0.250 \quad f_1 = -174.672735807$$

$$f_3 / f = 0.434 \quad f_3 = 303.485521422$$

【0 1 7 3】

但し、 $N_1$ ：第1レンズ7Aの中心波長785nmに対する屈折率、 $N_{1u}$ ：第1レンズ7Aの最大波長800nmに対する屈折率、 $N_{1L}$ ：第1レンズ7Aの最小波長770nmに対する屈折率、 $N_2$ ：第2レンズ7Bの中心波長785nmに対する屈折率、 $N_{2u}$ ：第2レンズ7Bの最大波長800nmに対する屈折率、 $N_{2L}$ ：第2レンズ7Bの最小波長770nmに対する屈折率、 $N_3$ ：第3レンズ8Aの中心波長785nmに対する屈折率、 $N_{3u}$ ：第3レンズ8Aの最大波長800nmに対する屈折率、 $N_{3L}$ ：第3レンズ8Aの最小波長770nmに対する屈折率、 $N_4$ ：第4レンズ8Bの中心波長785nmに対する屈折率、 $N_{4u}$ ：第4レンズ8Bの最大波長800nmに対する屈折率、 $N_{4L}$ ：第4レンズ8Bの最小波長770nmに対する屈折率、を示している。

【0 1 7 4】

本実施例では、前記比率 $L/f$ 、 $r_1/r_4$ 、 $\nu_1/\nu_2$ 、 $\nu_4/\nu_3$ 、 $|f_1|/f$ および $f_3/f$ の数値は、条件式(1)、(2C)、(4C)、(5C)、(6C)および(7)を満たすことが分かる。

【0 1 7 5】

以上の光学特性を有するfθレンズ6の軸上色収差、非点収差、倍率色収差およびfθ特性を、上記第1実施例と同様な方法で測定した。

【0 1 7 6】

図32は、3波長(785nm、770nm、800nm)の光ビームに関するfθレンズ6の球面収差図である。図32に示す収差図には、中心波長785

n m に対する収差曲線 5 5 c と、最大波長 8 0 0 n m に対する収差曲線 5 5 u と、最小波長 7 7 0 n m に対する収差曲線 5 5 d とがプロットされている。また、図 3 2 に、瞳座標がゼロの値をとる付近の収差曲線 5 5 c, 5 5 u, 5 5 d の部分拡大図 5 6 と、瞳座標が " 1 " の値をとる付近の収差曲線 5 5 c, 5 5 u, 5 5 d の部分拡大図 5 7 とを示す。図 3 2 に示す球面収差  $\Delta S_2$  の測定結果から、最大波長 8 0 0 n m と最小波長 7 7 0 n m との間の軸上色収差は 0. 0 2 0 4 m m であり、軸上色収差が適性に補正されていることが分かった。

## 【 0 1 7 7 】

また、図 3 3 は、3 波長 ( 7 8 5 n m, 7 7 0 n m, 8 0 0 n m ) の光ビームに関する非点収差図である。図 3 3 中、符号 5 8 S c は、中心波長 7 8 5 n m の光束のサジッタル像面、5 8 S u は、最大波長 8 0 0 n m の光束のサジッタル像面、5 8 S d は、最小波長 7 7 0 n m の光束のサジッタル像面を示しており、また、符号 5 8 M c は、中心波長 7 8 5 n m の光束のメリディオナル像面、5 8 M u は、最大波長 8 0 0 n m の光束のメリディオナル像面、5 8 M d は、最小波長 7 7 0 n m の光束のメリディオナル像面を示している。

## 【 0 1 7 8 】

図 3 3 に示す収差図により、各波長のメリディオナル像面は比較的平坦に補正されていることが分かる。

## 【 0 1 7 9 】

また、図 3 4 ~ 図 3 9 は、3 波長 ( 7 8 5 n m, 7 7 0 n m, 8 0 0 n m ) の光ビームに関する  $f \theta$  レンズ 6 の横収差図である。図 3 4, 図 3 6 および図 3 8 は、それぞれ、上記の角度  $\phi$  が 2 2. 5 0°, 1 5. 7 5° および 0° の場合のメリディオナル光束についての横収差  $\Delta Y$  を表している。図中の符号 5 9 c は、中心波長 7 8 5 n m の光束の収差曲線、5 9 u は、最大波長 8 0 0 n m の光束の収差曲線、5 9 d は、最小波長 7 7 0 n m の光束の収差曲線を示す。また、図 3 4 と図 3 6 には、それぞれ、入射瞳の高さ  $h^*$  がゼロになる付近の収差曲線 5 9 c, 5 9 u, 5 9 d の部分拡大図 6 0 が表示されている。

## 【 0 1 8 0 】

また、図 3 5, 図 3 5 および図 3 5 は、それぞれ、角度  $\phi$  が 2 2. 5 0°, 1



5.  $93^\circ$  および  $0^\circ$  の場合のサジッタル光束についての横収差  $\Delta X$  を表している。図中の符号 61c は、中心波長  $785\text{ nm}$  の光束の収差曲線、61u は、最大波長  $800\text{ nm}$  の光束の収差曲線、61d は、最小波長  $770\text{ nm}$  の光束の収差曲線を示す。

【0181】

以上の図34～図39の横収差の測定結果により、使用波長域  $770\text{ nm} \sim 800\text{ nm}$  での倍率色収差は、最大で  $0.0014\text{ mm}$  であり、倍率色収差が適性に補正されていることが確認された。

【0182】

また、本実施例の  $f\theta$  レンズ6の  $f\theta$  特性は  $0.29\%$  であり、良好な数値が得られた。以下の表15に、上記した照射位置  $Y_n$ 、距離  $Y_{n+1} - Y_n$  および比率  $D_n$  の測定値を示す。

【0183】

【表 1 5】

$$D_n = (Y_{n+1} - Y_n) / (W/10)$$

n	1	2	3	4	5
$Y_{n+1}$	275.36305	220.26162	165.11557	110.01747	54.98681
$Y_n$	220.26162	165.11557	110.01747	54.98681	-0.00002
$Y_{n+1} - Y_n$	55.10143	55.14605	55.09810	55.03066	54.98682
$D_n$	1.00184	1.00266	1.00178	1.00056	0.99976

n	6	7	8	9	10
$Y_{n+1}$	-0.00002	-54.98677	-110.01732	-165.11545	-220.26162
$Y_n$	-54.98677	-110.01732	-165.11545	-220.26162	-275.36300
$Y_{n+1} - Y_n$	54.98676	55.03055	55.09813	55.14617	55.10138
$D_n$	0.99976	1.00056	1.00178	1.00266	1.00184

【 0 1 8 4 】

また、以下の表 1 6 に、表 1 5 に掲げた測定値を用いて算出した比率  $D_n$  の最大値  $D_{\max}$ 、最小値  $D_{\min}$ 、平均値  $D_{\text{ave}}$  および  $f \theta$  特性の値を示す。

【 0 1 8 5 】

【表 1 6】

$D_{\max}$	1.00266
$D_{\min}$	0.99976
$D_{\text{ave}}$	1.00132
$f \theta$ 特性	0.29 %

【 0 1 8 6 】

## 【発明の効果】

以上の如く、本発明の請求項 1 に係る光走査装置によれば、上式 (1) を満たすことで、焦点距離  $f$  に比べて短い全長  $L$  をもつコンパクトな結像光学系を構成できるため、コンパクトな光走査装置を実現できる。また、上式 (2) を満たすことで、結像光学系はメリディオナル像面の湾曲を適性に補正できる。本請求項に係る発明では上式 (1) および (2) の双方の条件が両立し得るため、高い光学性能を有し且つコンパクトな光走査装置の作製が可能である。

## 【0187】

請求項 2 によれば、特に 405 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビームについて、メリディオナル像面の湾曲を適性に補正し得るコンパクトな結像光学系が実現可能である。

## 【0188】

請求項 3 によれば、特に 635 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビームについて、メリディオナル像面の湾曲を適性に補正し得るコンパクトな結像光学系が実現可能である。

## 【0189】

請求項 4 によれば、特に 785 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビームについて、メリディオナル像面の湾曲を適性に補正し得るコンパクトな結像光学系が実現可能である。

## 【0190】

請求項 5 によれば、上式 (4) を満たすことで、軸上色収差と倍率色収差を補正し得る結像光学系が実現可能である。

## 【0191】

請求項 6 によれば、特に 405 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビームに対して、軸上色収差と倍率色収差を適的な範囲内に補正し得る結像光学系を実現できる。

## 【0192】

請求項 7 によれば、特に 635 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビームに対して、軸上色収差と倍率色収差を適的な範囲内に補正し得る結像光学系を実現

できる。

【 0 1 9 3 】

請求項 8 によれば、特に 7 8 5 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビームに対して、軸上色収差と倍率色収差を適性な範囲内に補正し得る結像光学系を実現できる。

【 0 1 9 4 】

請求項 9 によれば、上式 (5) を満たすことで、軸上色収差と倍率色収差を適性に補正し得る結像光学系が実現可能である。

【 0 1 9 5 】

請求項 1 0 によれば、特に 4 0 5 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビームに対して、軸上色収差と倍率色収差を適性な範囲内に補正し得る結像光学系を実現できる。

【 0 1 9 6 】

請求項 1 1 によれば、特に 6 3 5 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビームに対して、軸上色収差と倍率色収差を適性な範囲内に補正し得る結像光学系を実現できる。

【 0 1 9 7 】

請求項 1 2 によれば、特に 7 8 5 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビームに対して、軸上色収差と倍率色収差を適性な範囲内に補正し得る結像光学系を実現できる。

【 0 1 9 8 】

請求項 1 3 によれば、上式 (6) を満たすことで、メリディオナル像面の湾曲を更に適性に補正し得る結像光学系を実現することが可能である。

【 0 1 9 9 】

請求項 1 4 によれば、特に 4 0 5 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビームに対して、メリディオナル像面の湾曲を適性に補正し得る結像光学系が実現可能である。

【 0 2 0 0 】

請求項 1 5 によれば、特に 6 3 5 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビーム

に対して、メリディオナル像面の湾曲を適性に補正し得る結像光学系が実現可能である。

【 0 2 0 1 】

請求項 1 6 によれば、特に 7 8 5 ナノメートル付近の中心波長をもつ光ビームに対して、メリディオナル像面の湾曲を適性に補正し得る結像光学系が実現可能である。

【 0 2 0 2 】

請求項 1 7 によれば、上式 ( 7 ) を満たすことで、光ビームの走査特性を良好にし得る結像光学系が実現可能である。

【 0 2 0 3 】

そして、請求項 1 8 によれば、光偏光器の反射面の垂直度にズレが存在する場合に、そのズレによって生ずる反射光の倒れを補正できるため、光ビームを被走査面上に等ピッチで精密に走査させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態に係る光走査装置の全体構成を示す概略図である。

【図 2】

図 1 に示す光走査装置の光軸に沿って展開する垂直面図である。

【図 3】

本実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の概略断面図である。

【図 4】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 1 実施例の球面収差図である。

【図 5】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 1 実施例の非点収差図である。

【図 6】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 1 実施例の横収差図である。

【図 7】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 1 実施例の横収差図である。

【図 8】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 1 実施例の横収差図である。

【図 9】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 1 実施例の横収差図である。

【図 1 0】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 1 実施例の横収差図である。

【図 1 1】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 1 実施例の横収差図である。

【図 1 2】

$f \theta$  特性を説明するための図である。

【図 1 3】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 2 実施例の概略断面図である。

【図 1 4】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 2 実施例の球面収差図である。

【図 1 5】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 2 実施例の非点収差図である。

【図 1 6】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 2 実施例の横収差図である。

【図 1 7】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 2 実施例の横収差図である。

【図 1 8】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 2 実施例の横収差図である。

【図 1 9】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 2 実施例の横収差図である。

【図 2 0】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 2 実施例の横収差図である。

【図 2 1】

第 1 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの第 2 実施例の横収差図である。

【図 2 2】

第 2 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の概略断面図である。

【図 2 3】

第 2 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の球面収差図である。

【図 2 4】

第 2 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の非点収差図である。

【図 2 5】

第 2 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 2 6】

第 2 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 2 7】

第 2 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 2 8】

第 2 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 2 9】

第 2 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 3 0】

第 2 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 3 1】

第 3 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の概略断面図である。

【図 3 2】

第 3 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の球面収差図である。

【図 3 3】

第 3 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の非点収差図である。

【図 3 4】

第 3 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 3 5】

第 3 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 3 6】

第 3 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 3 7】

第 3 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 3 8】

第 3 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 3 9】

第 3 の実施の形態に係る  $f \theta$  レンズの一実施例の横収差図である。

【図 4 0】

Y-Z 平面に沿って展開する光走査装置の従来例を示す図である。

【図 4 1】

図 4 0 に示す光走査装置の光軸に沿って展開する垂直面図である。

【図 4 2】

従来の  $f \theta$  レンズを示す概略断面図である。

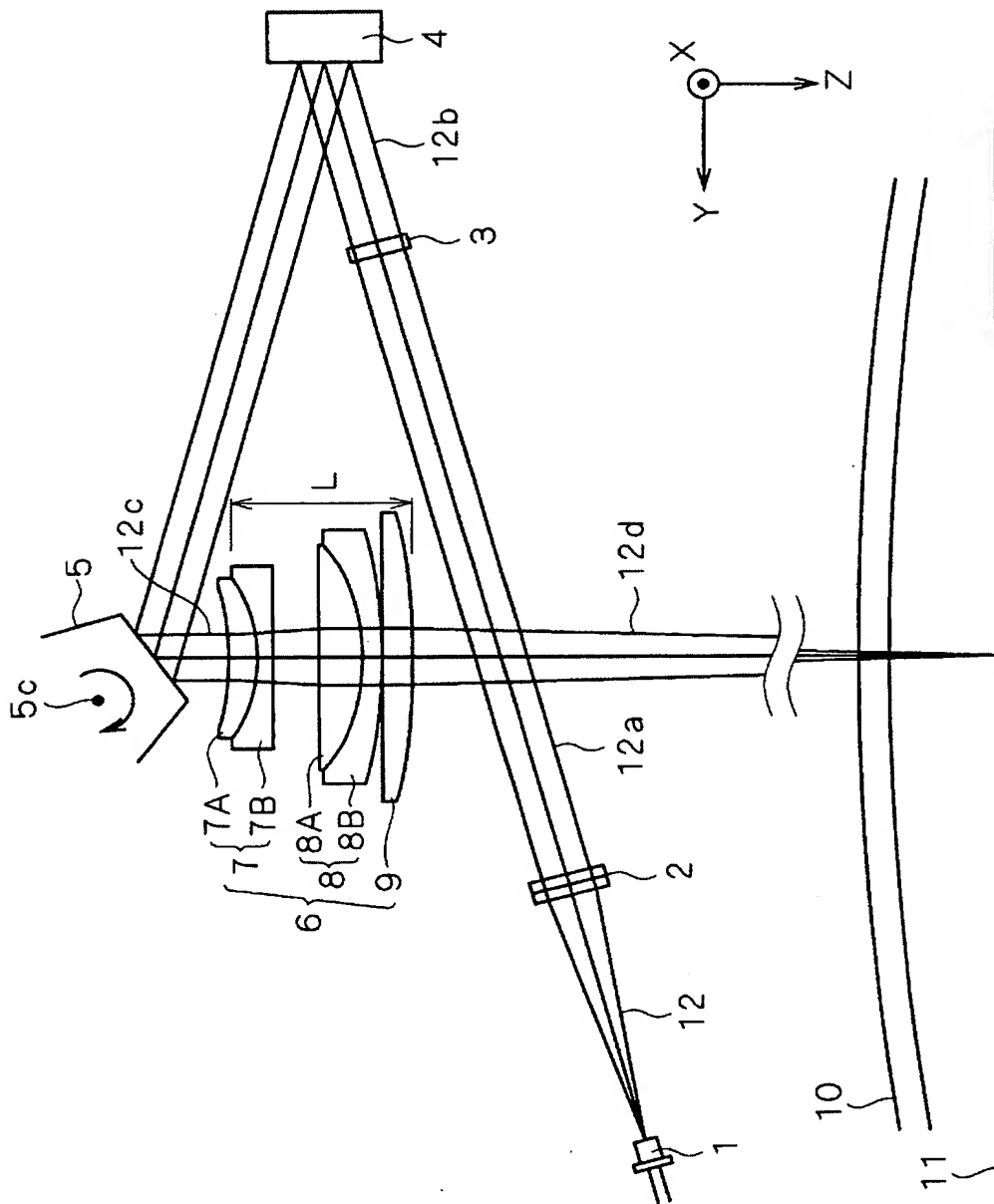
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 コリメータレンズ
- 3 シリンドリカルレンズ
- 4 平面鏡
- 4 r 反射面
- 5 光偏向器
- 5 r 反射面
- 6  $f \theta$  レンズ
- 7 第 1 接合レンズ
- 8 第 2 接合レンズ
- 9 第 5 レンズ
- 1 0 アナモルフィックレンズ
- 1 1 被走査面

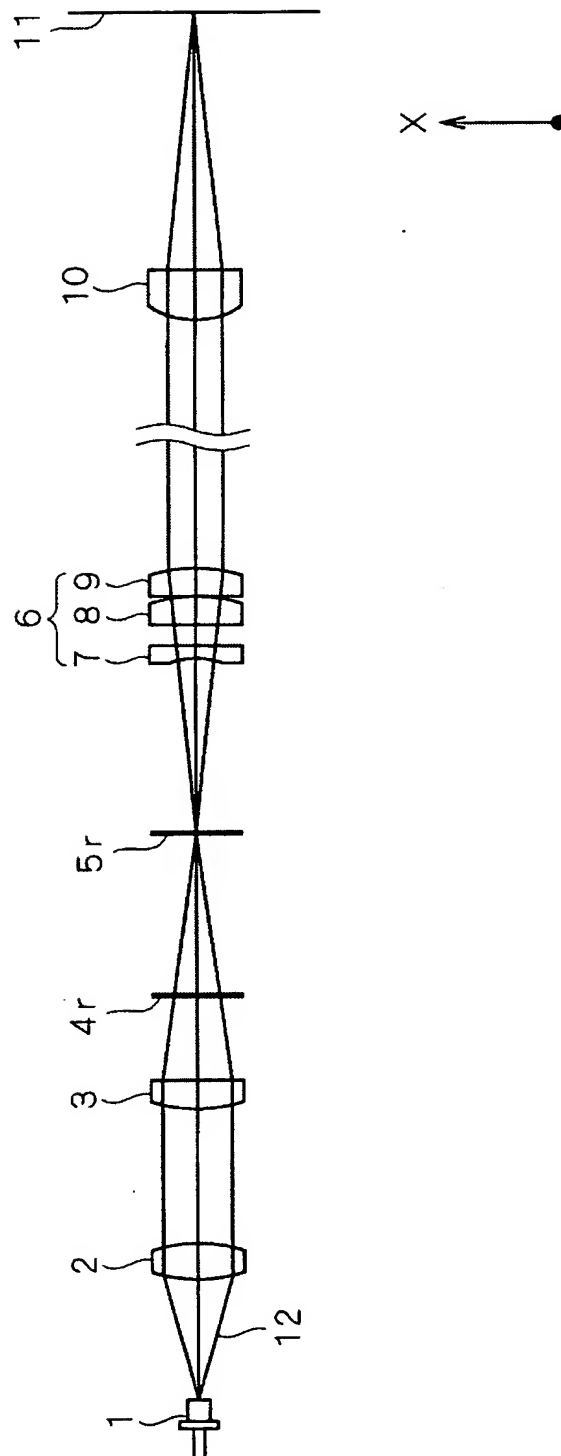


【書類名】 図面

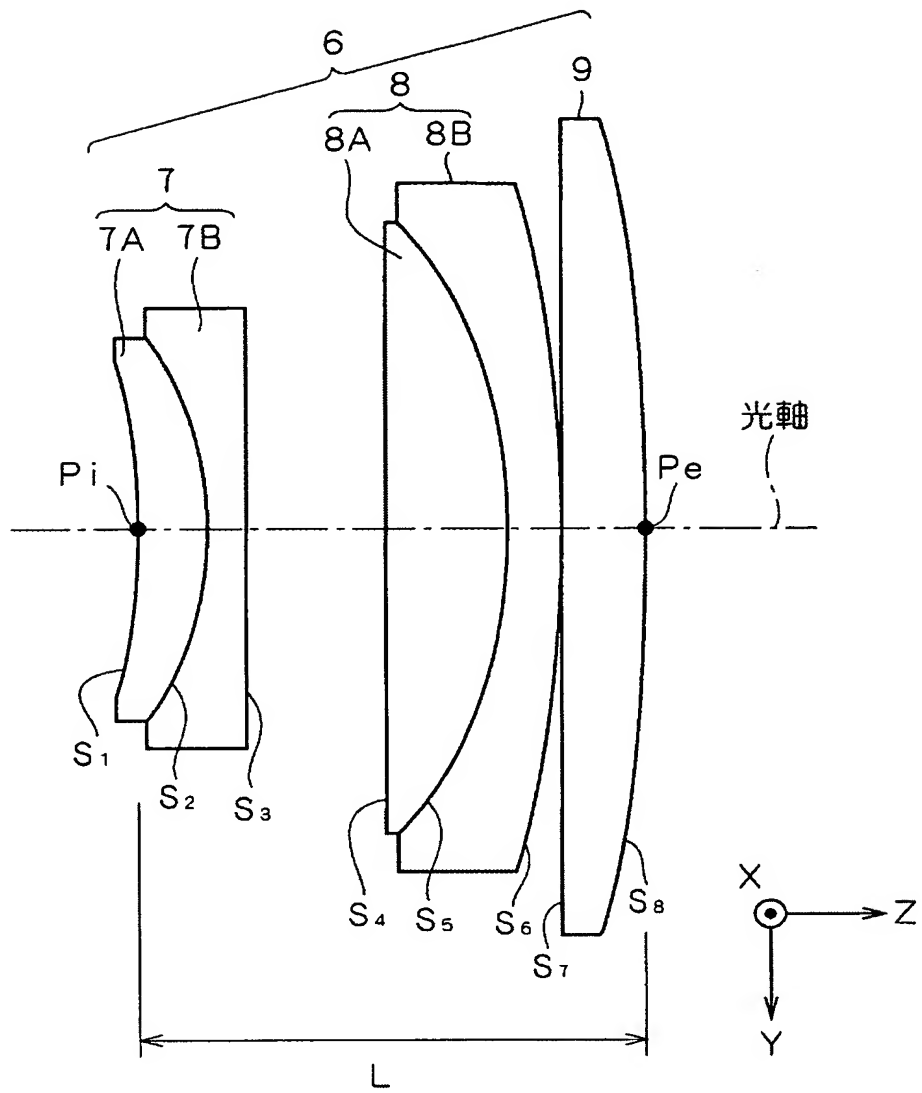
【図 1】



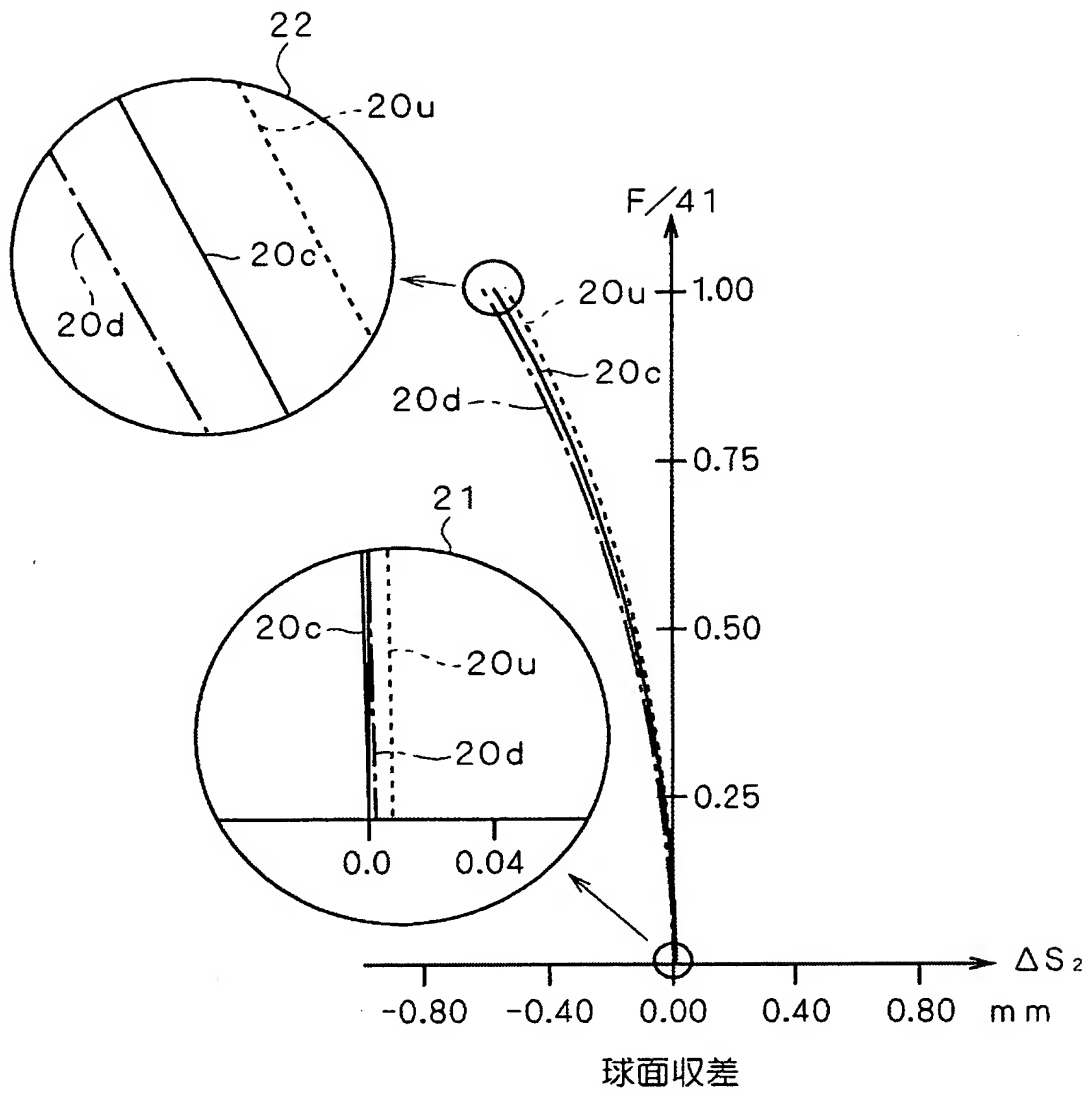
【図 2】



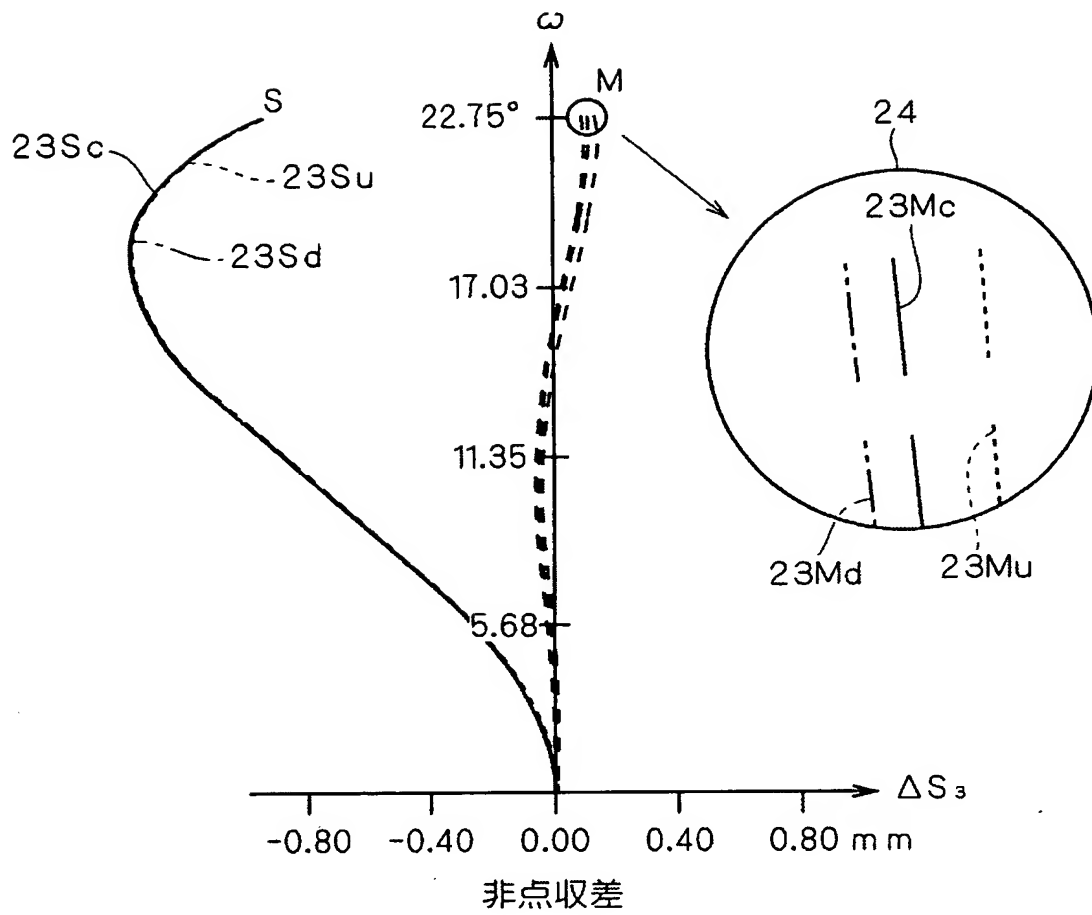
【図 3】



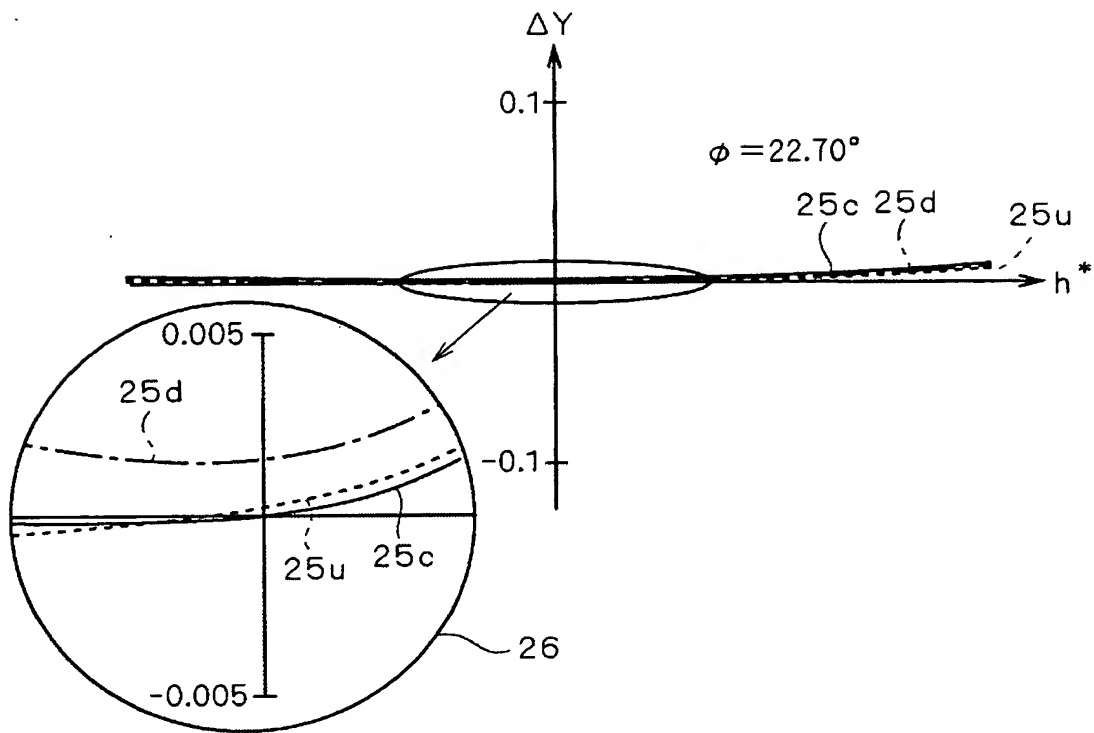
【図4】



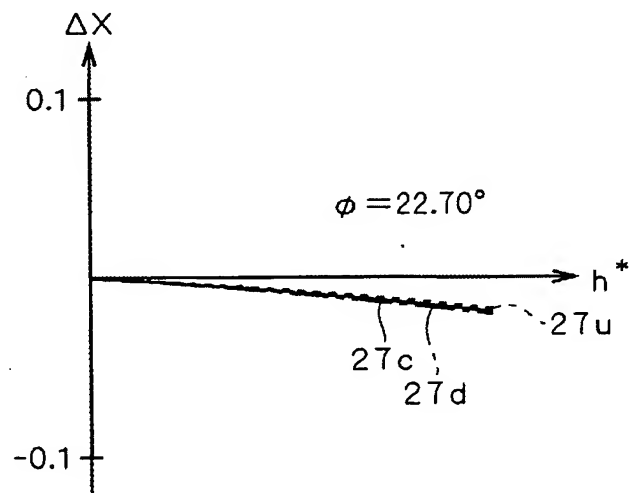
【図 5】



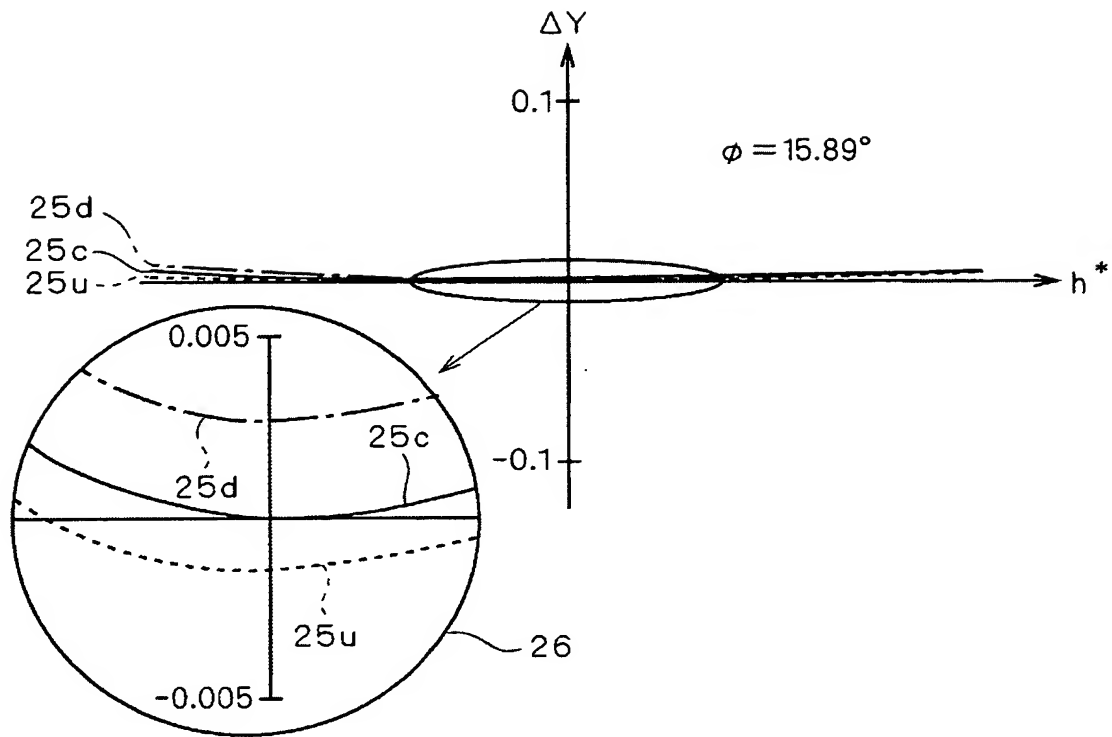
【図 6】



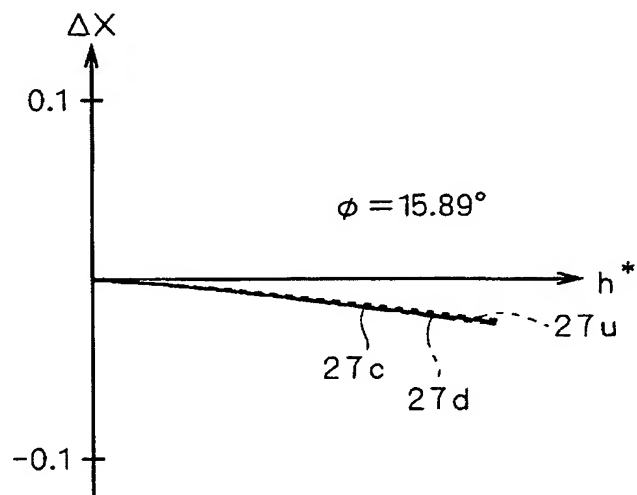
【図 7】



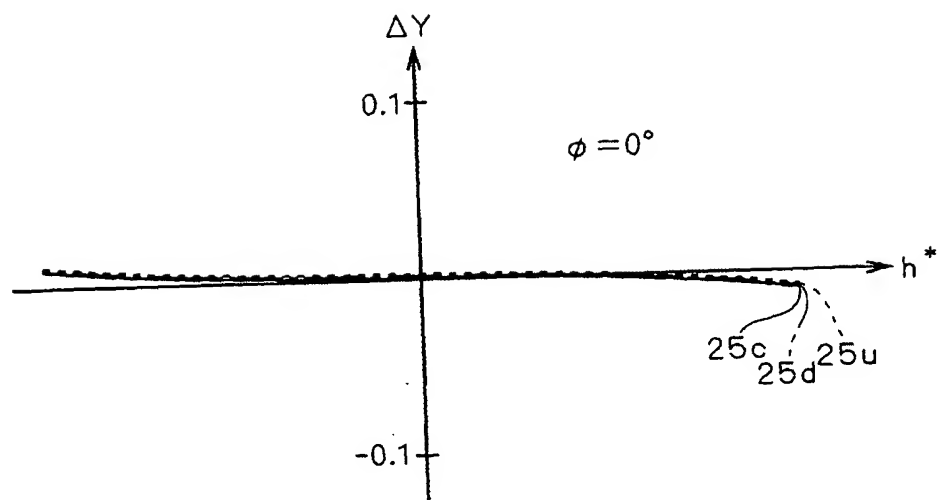
【図 8】



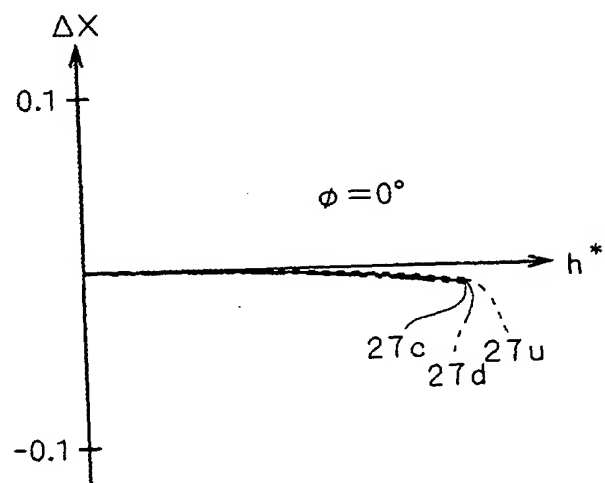
【図 9】



【図 10】

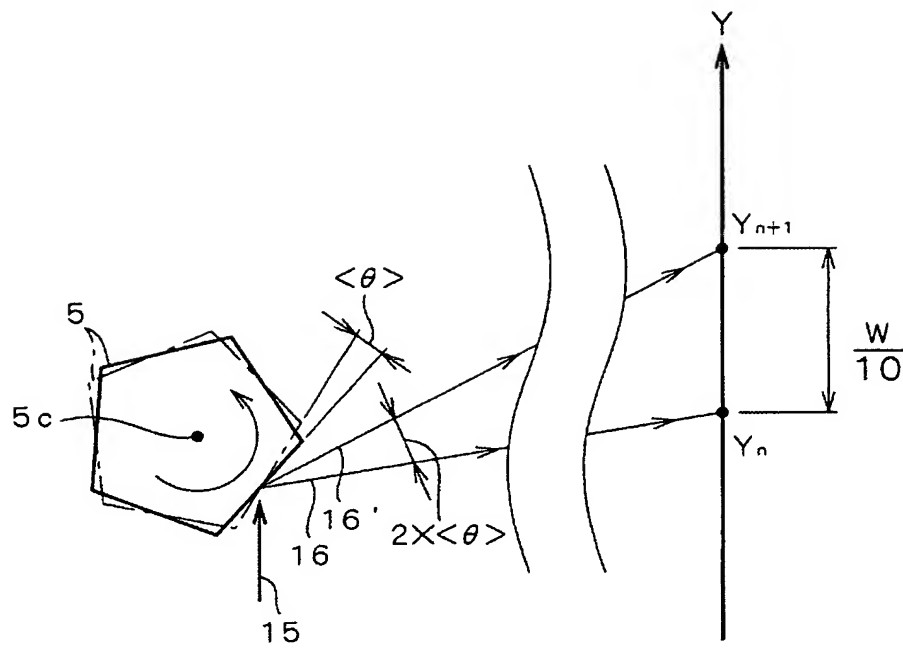


【図 11】

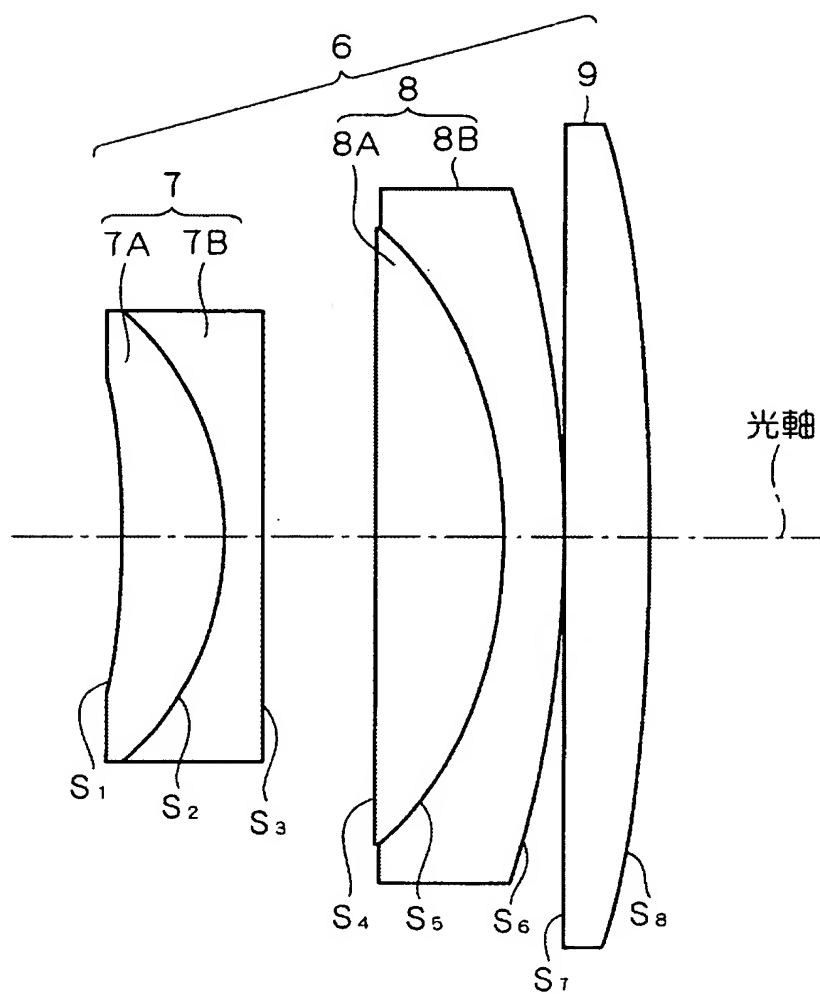




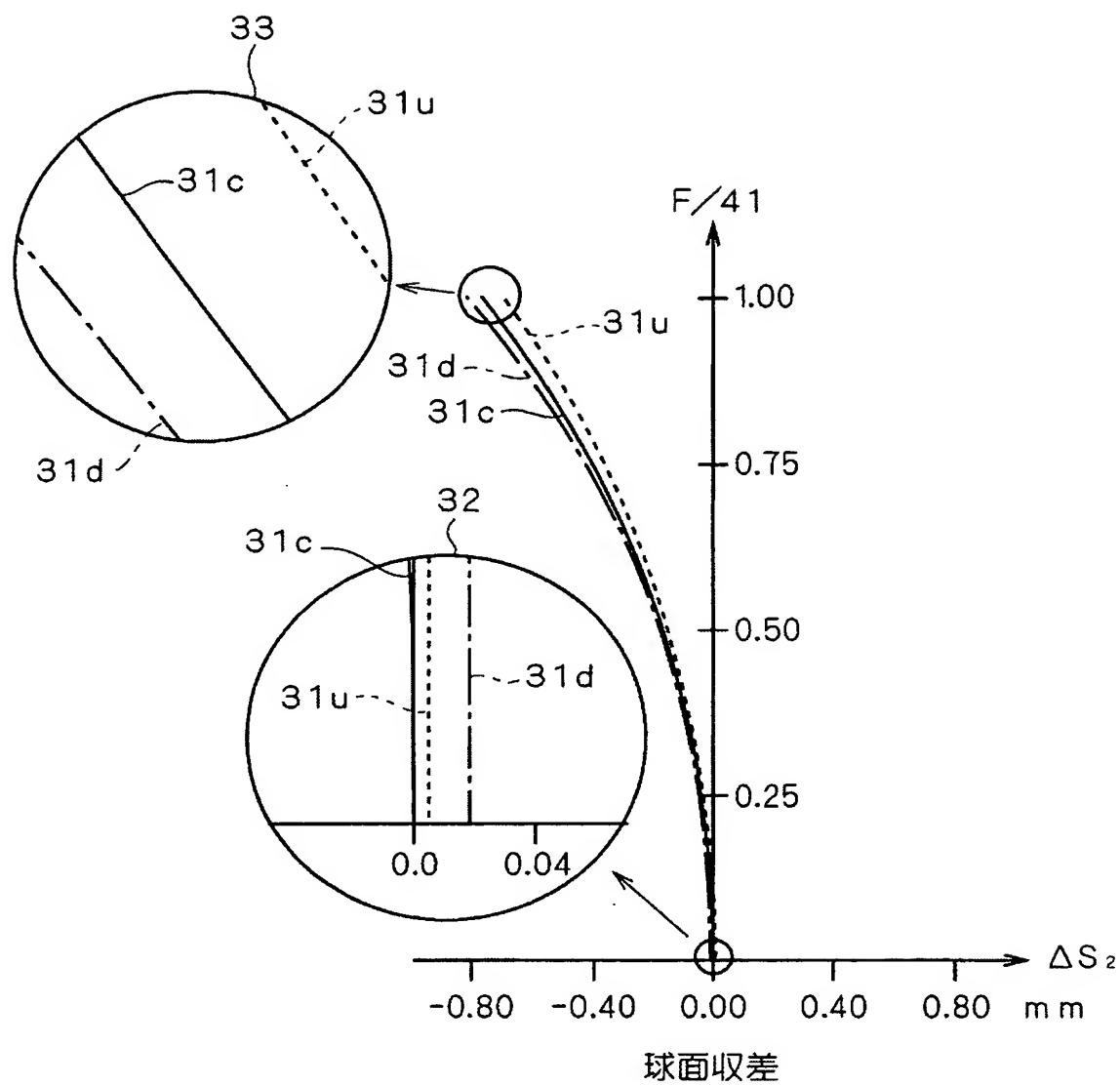
【図 12】



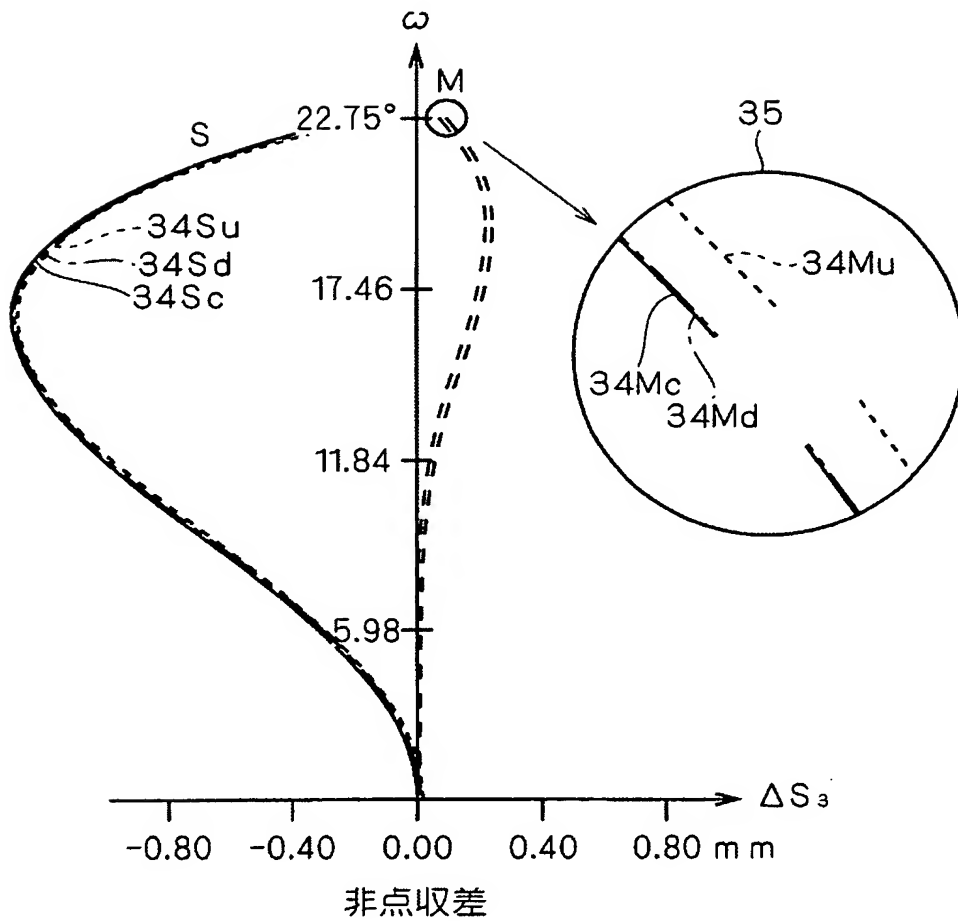
【図 13】



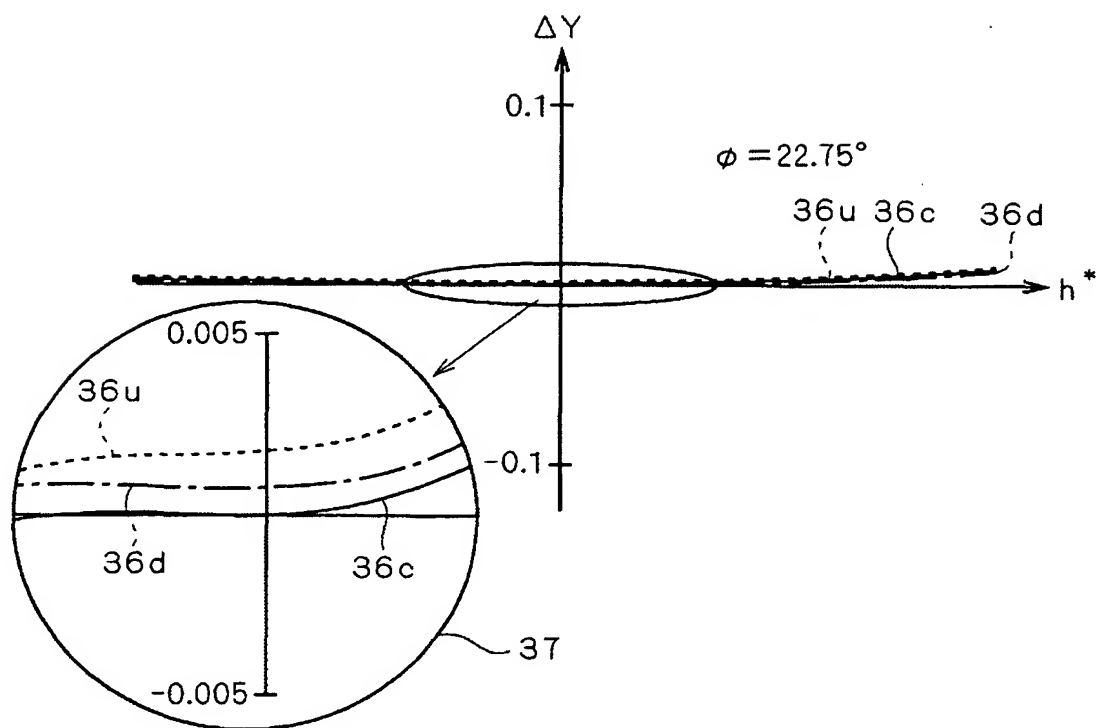
【図 1 4】



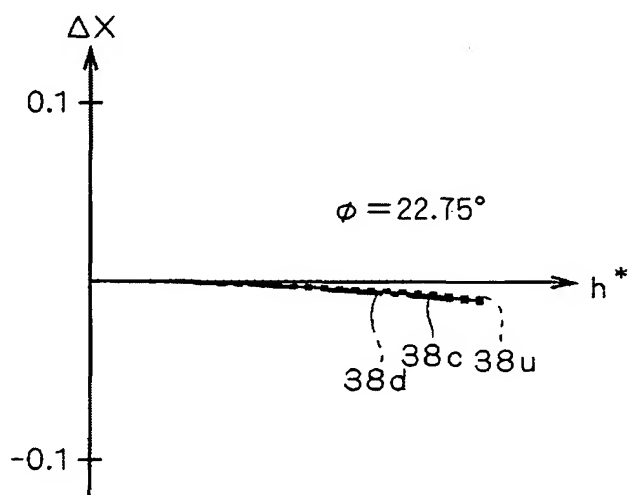
【図 1 5】



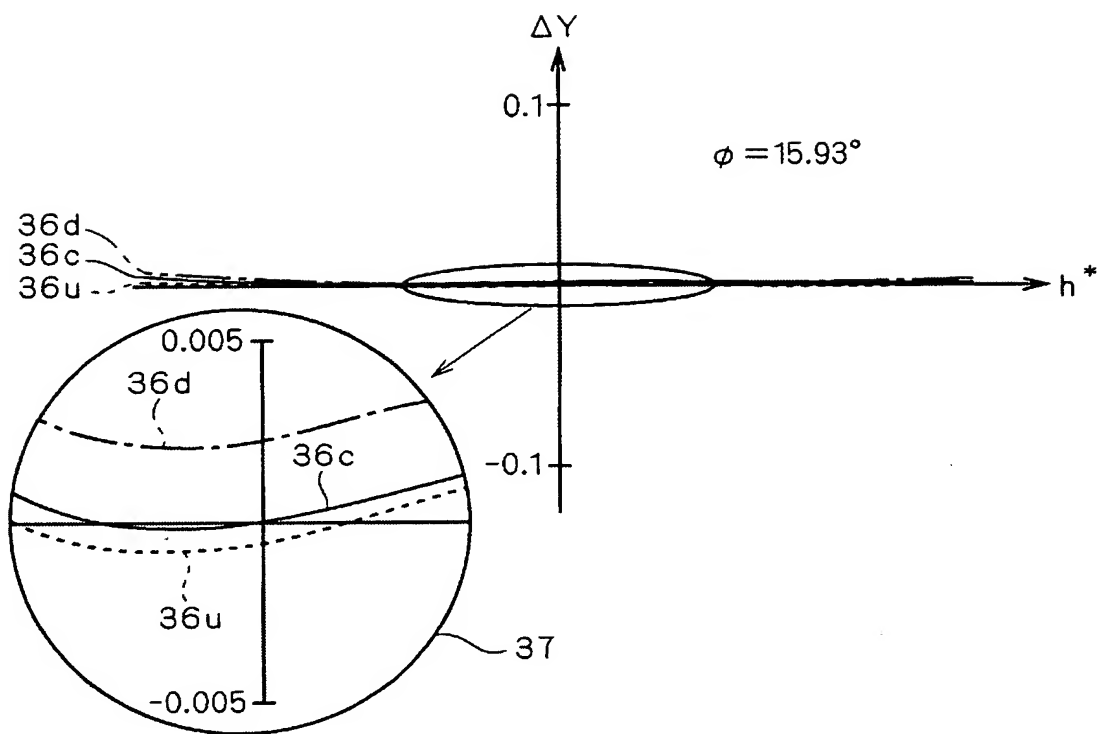
【図 16】



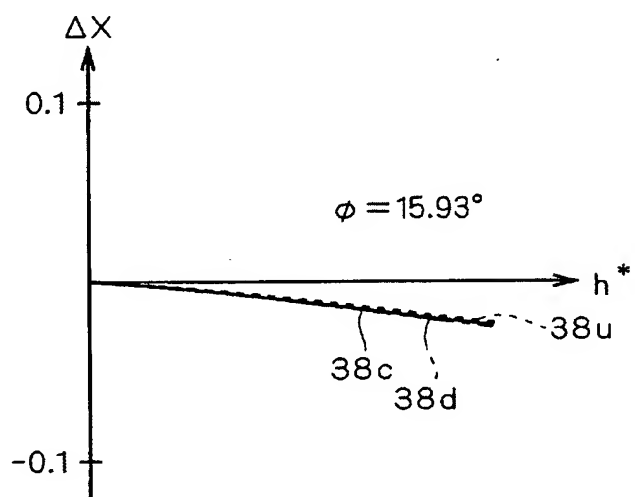
【図 17】



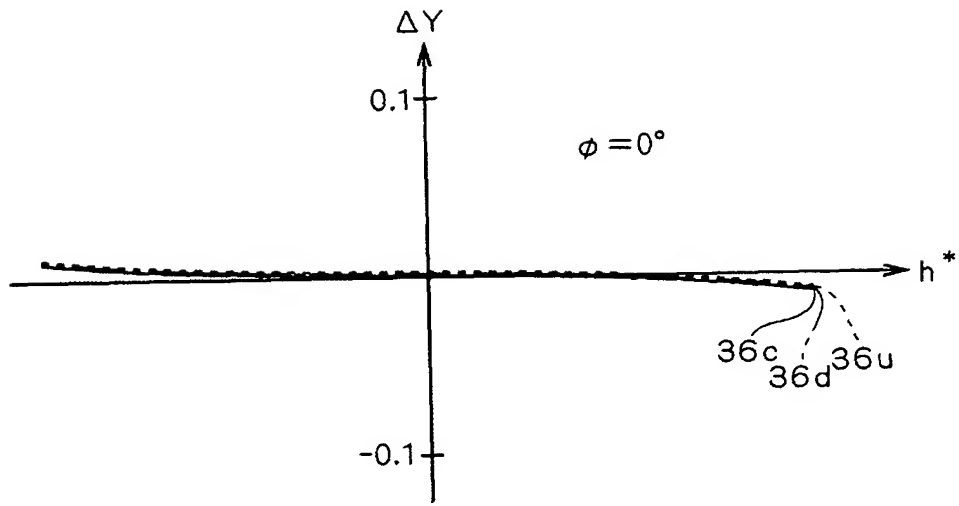
【図 18】



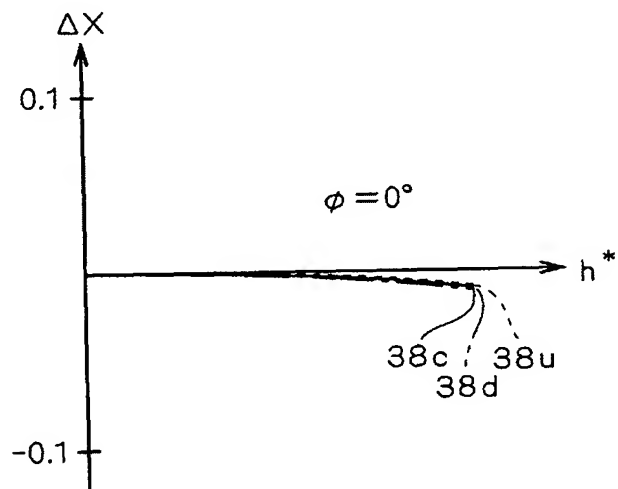
【図 19】



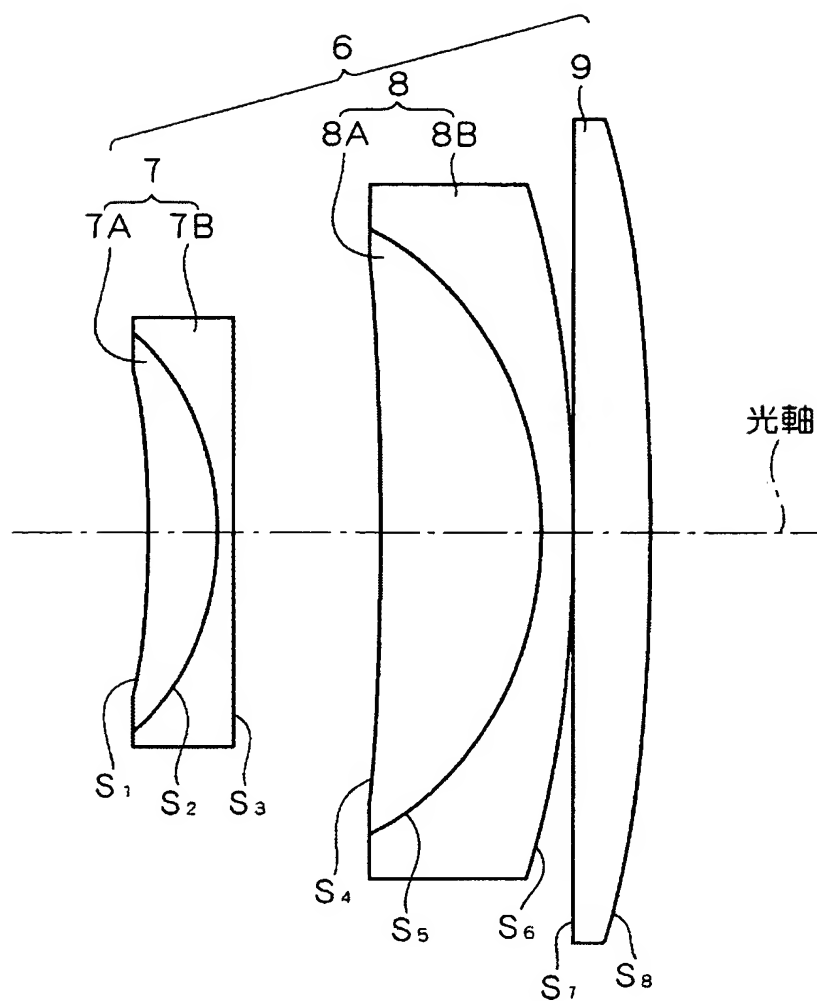
【図 20】



【図 21】

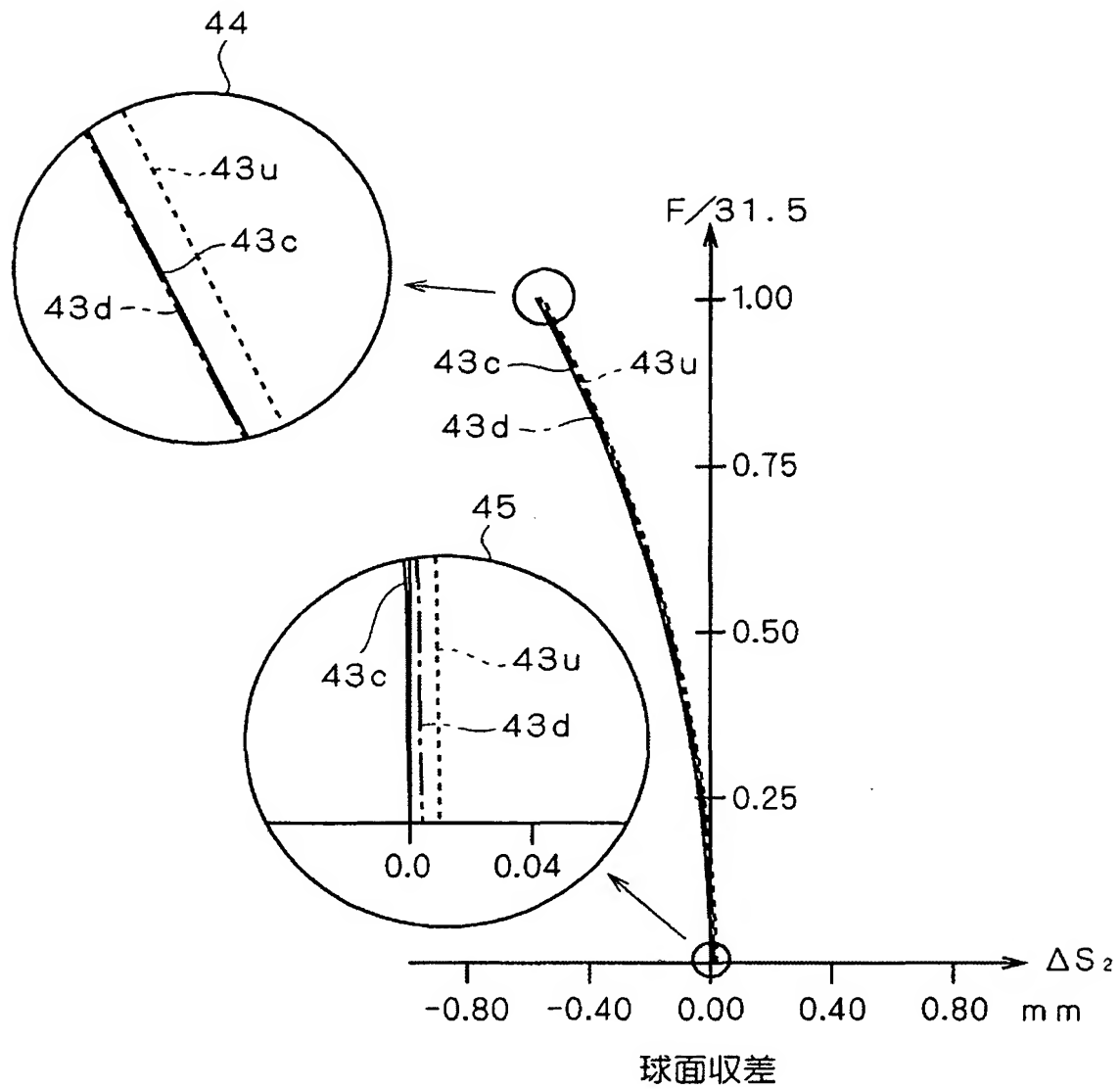


【図 22】

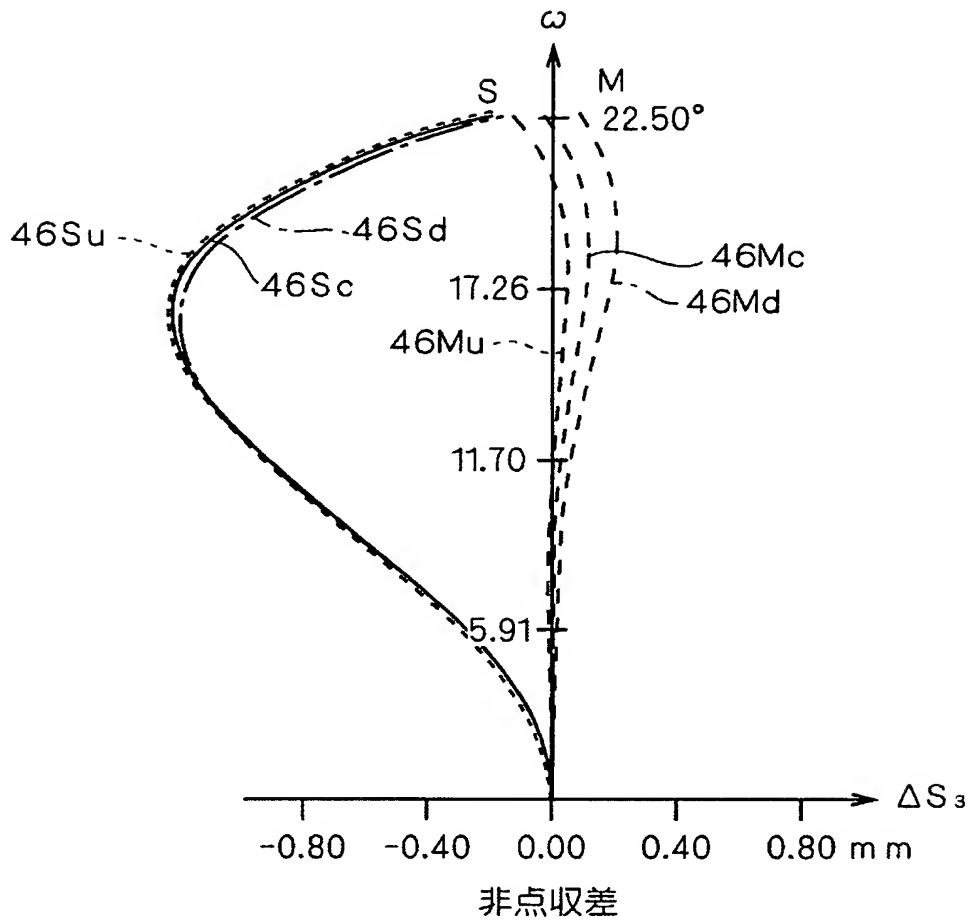




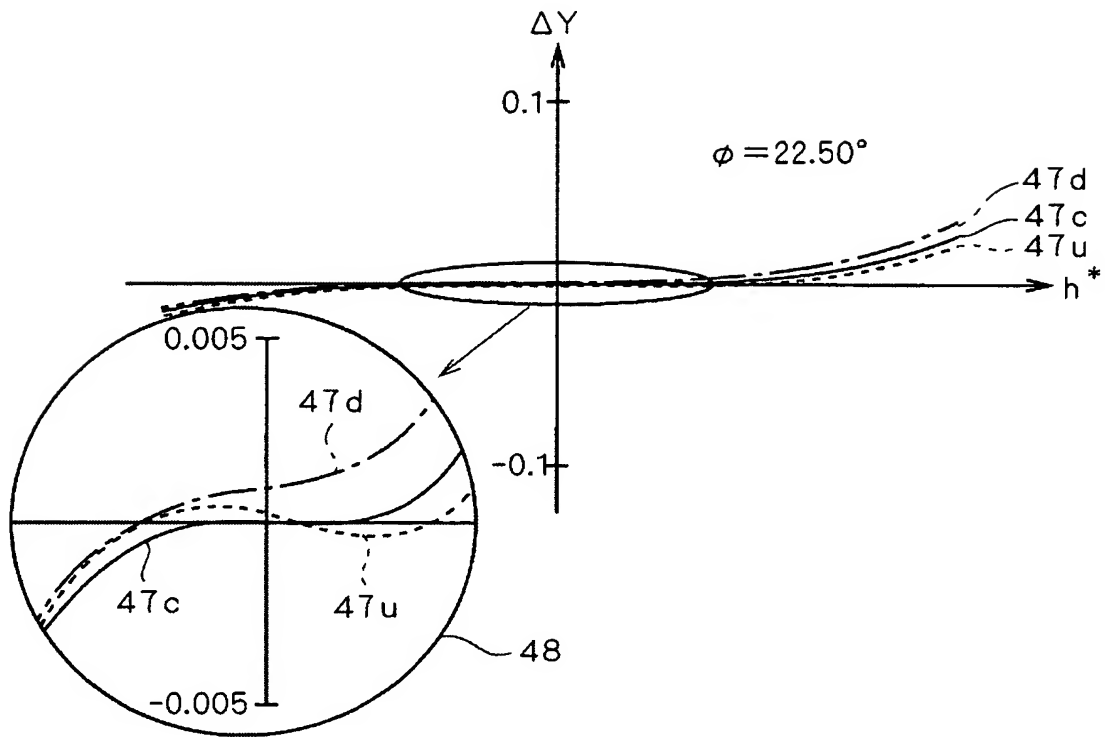
【図 2 3】



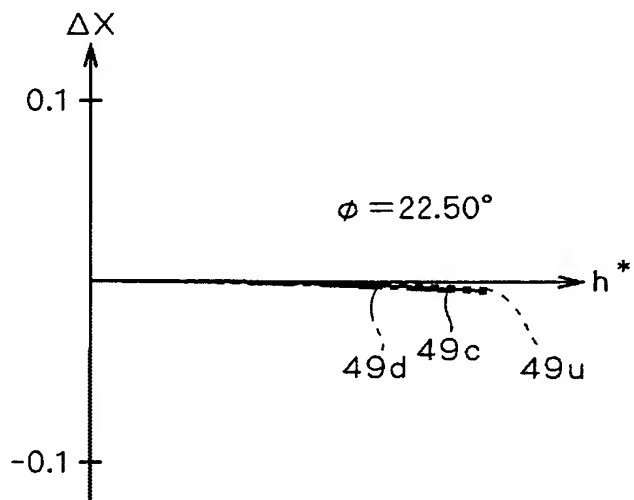
【図 2 4】



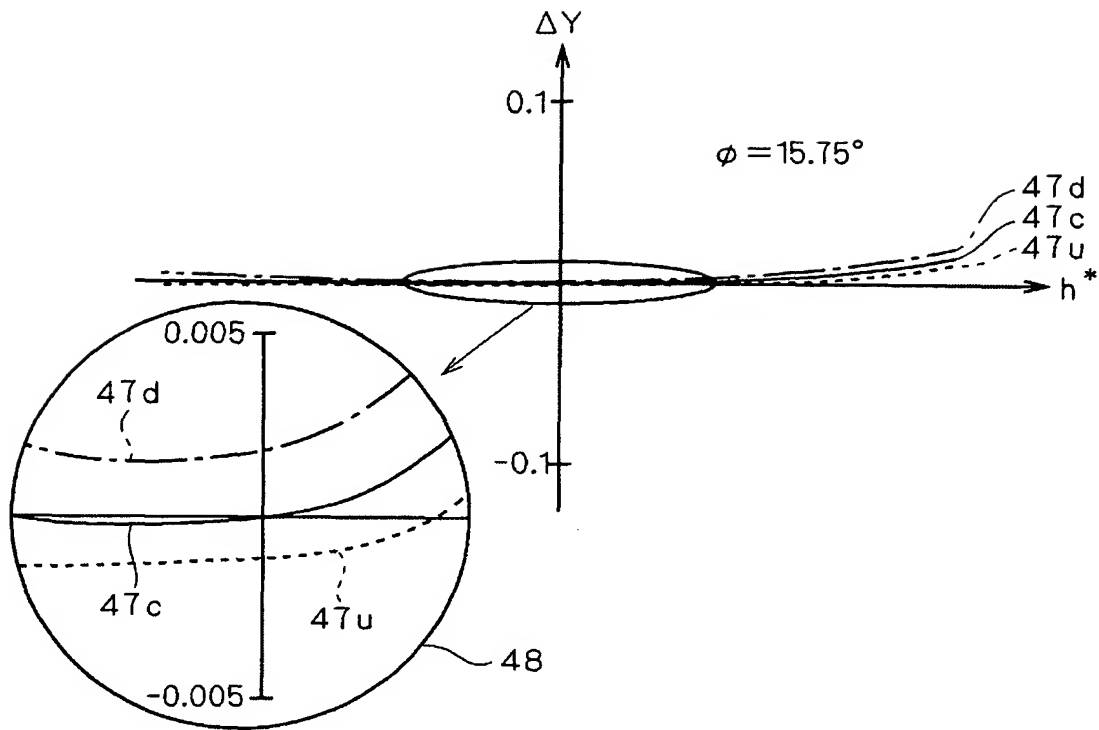
【図 2 5】



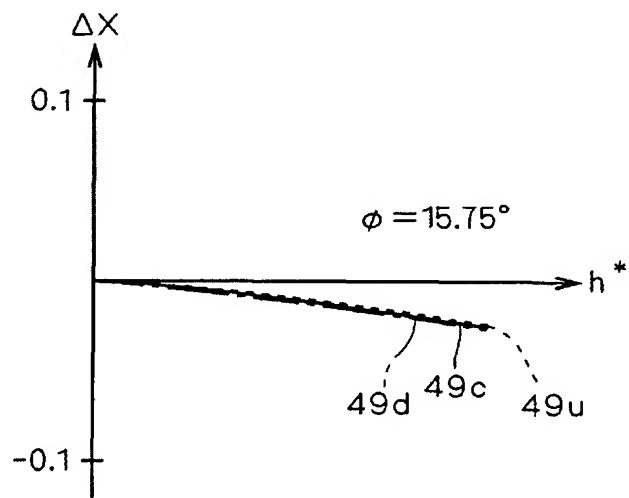
【図 2 6】



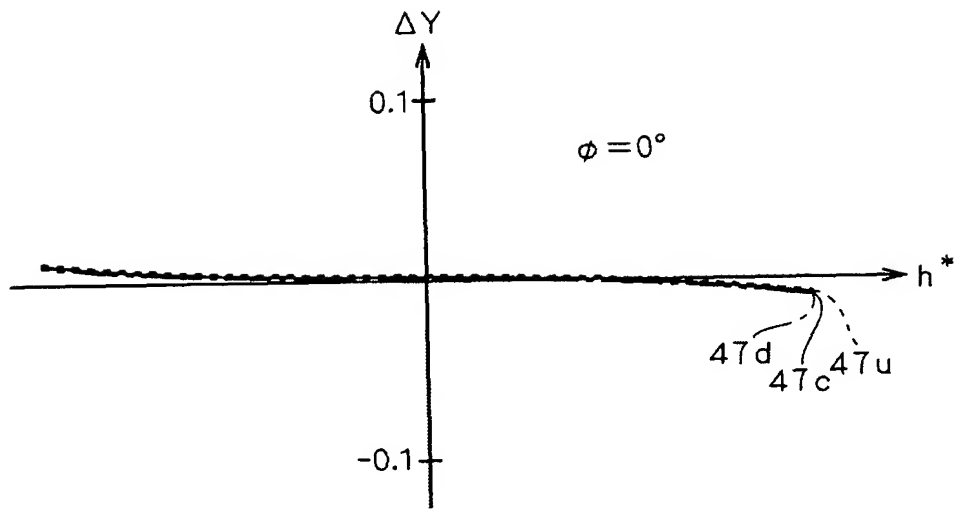
【図 2 7】



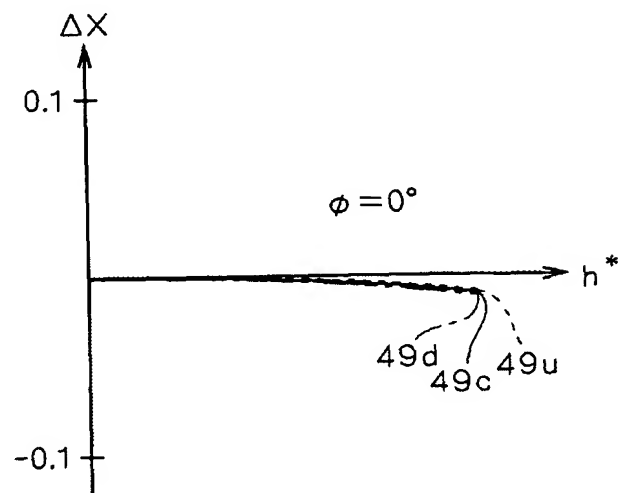
【図 2 8】



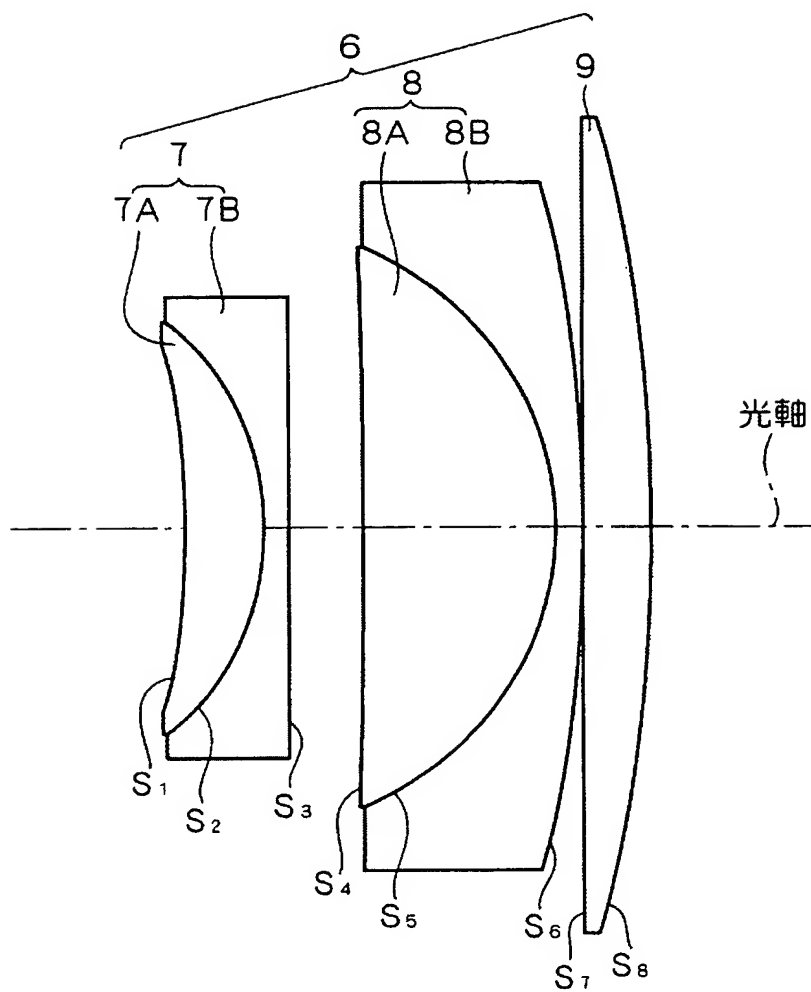
【図 29】



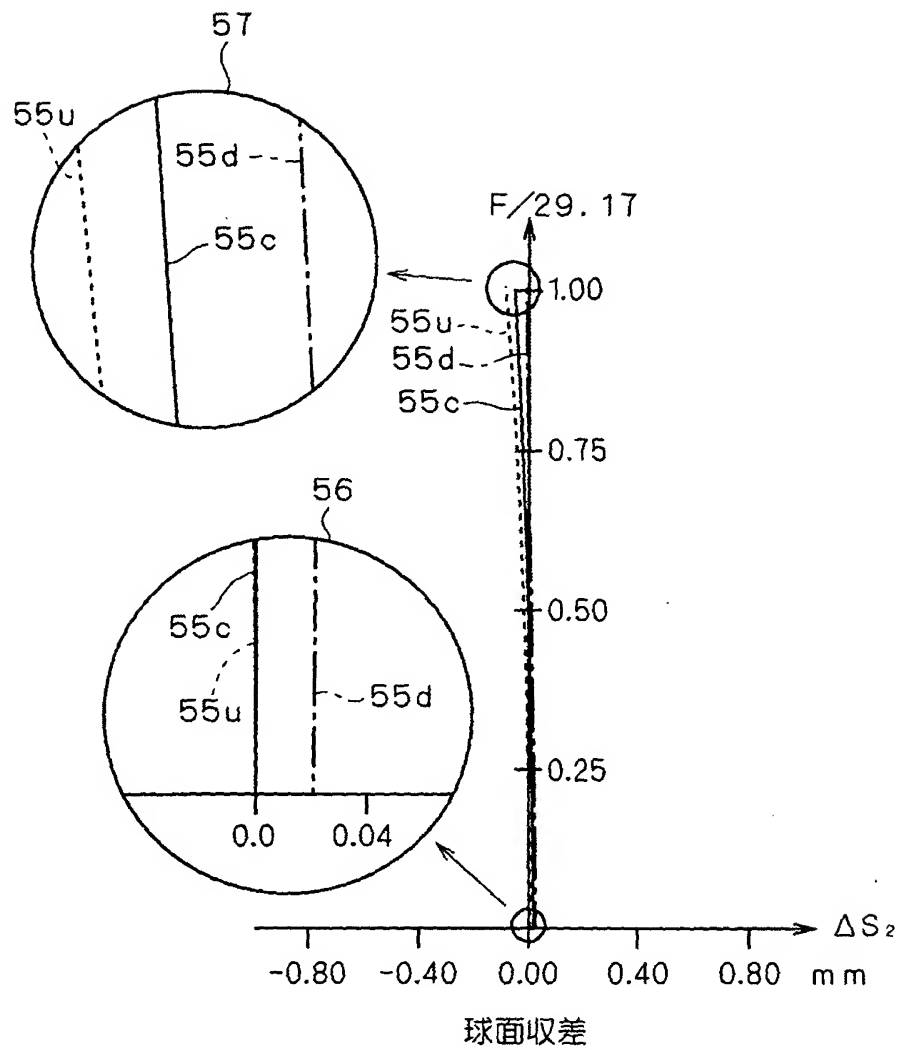
【図 30】



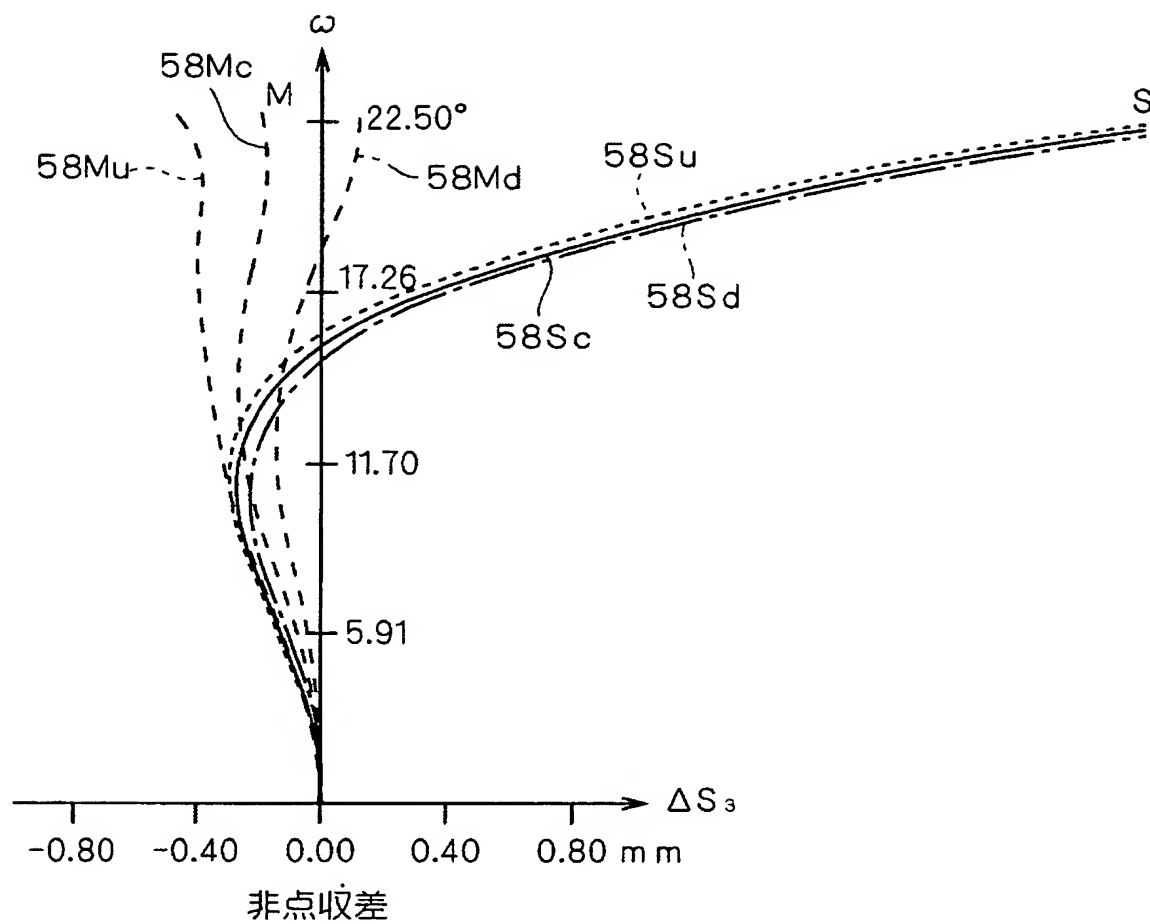
【図 31】



【図 32】

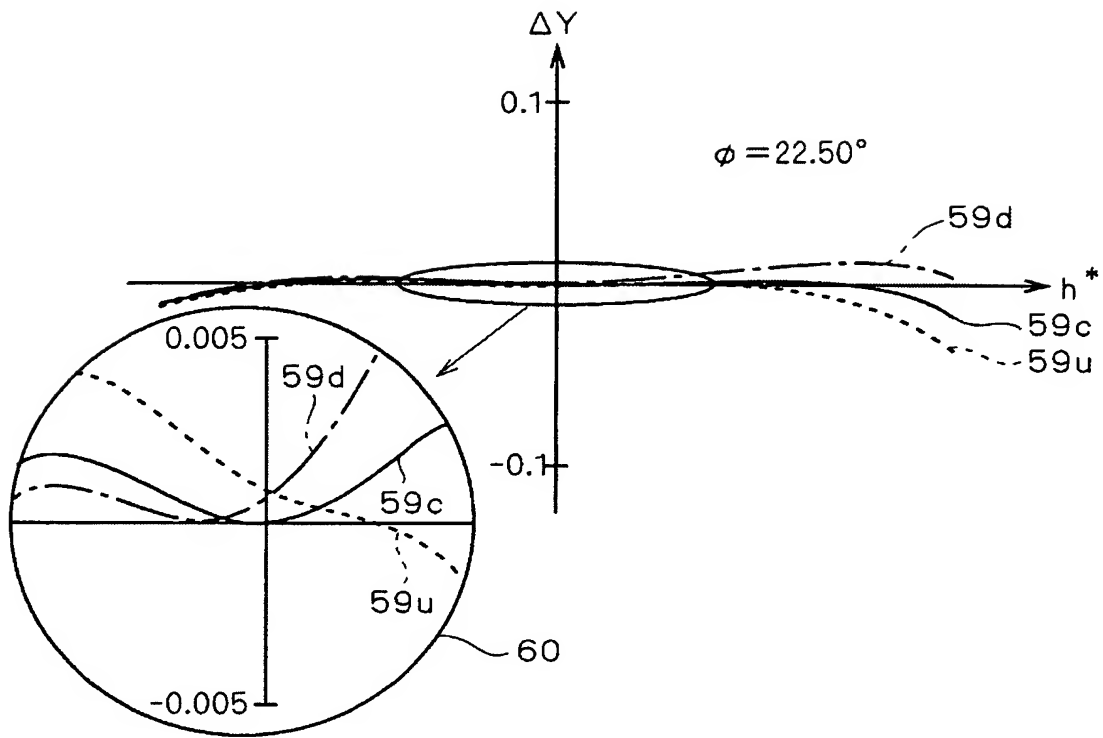


【图 3 3】

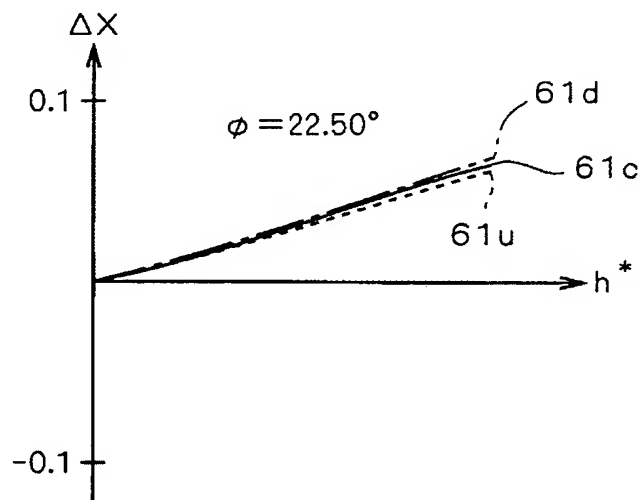




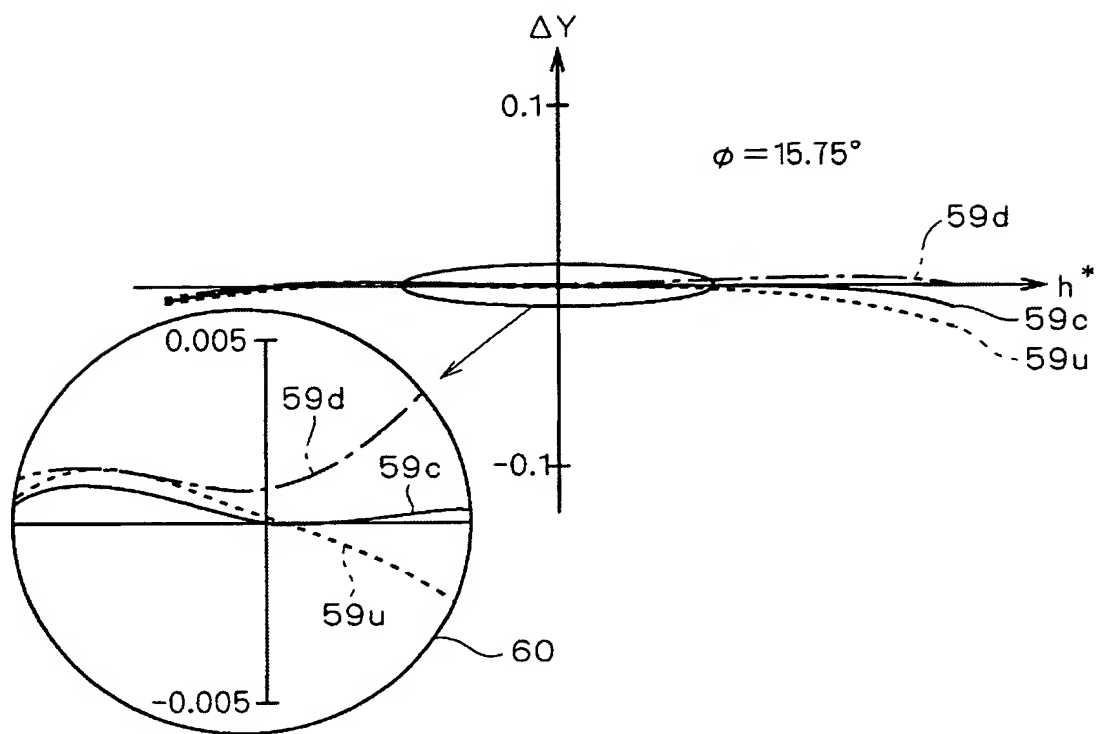
【図 3 4】



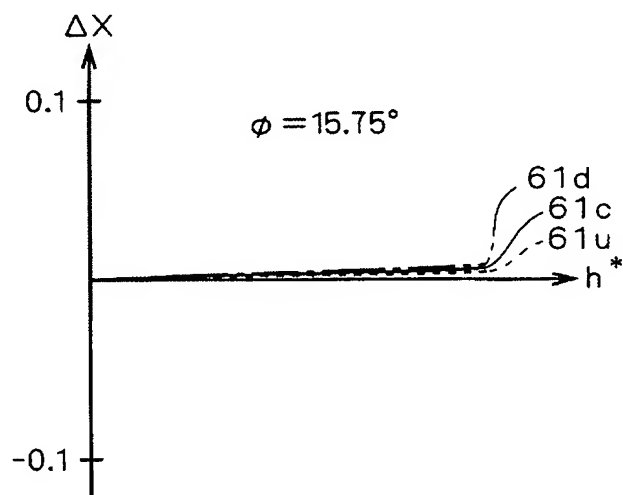
【図 3 5】



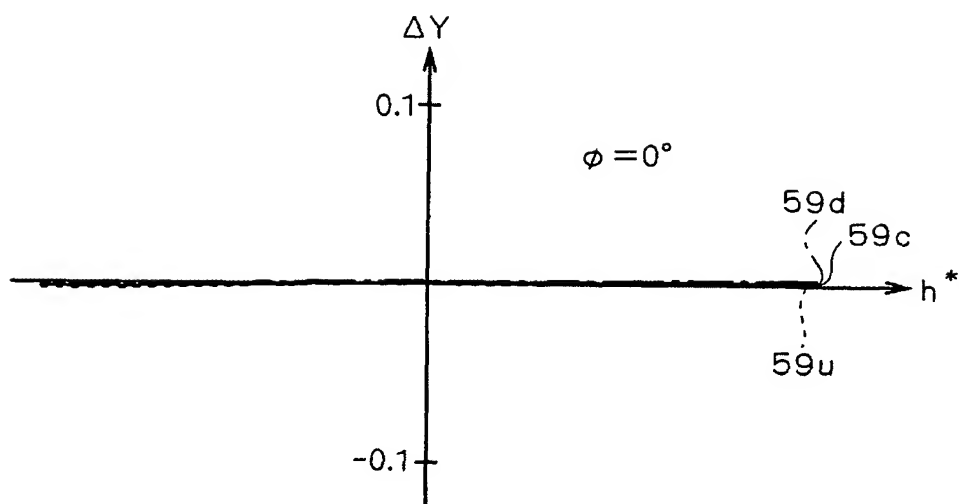
【図 36】



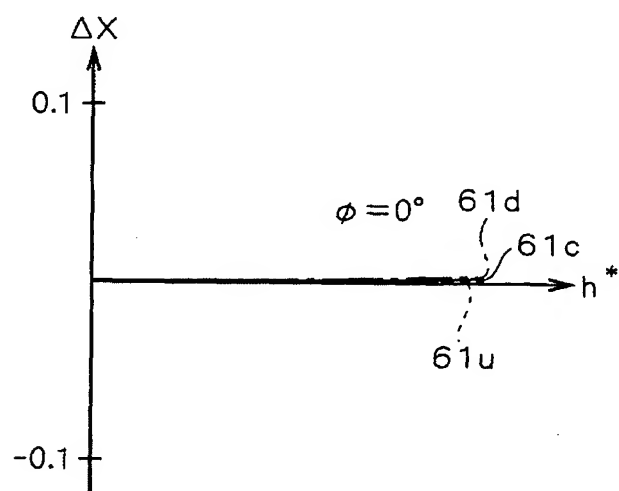
【図 37】



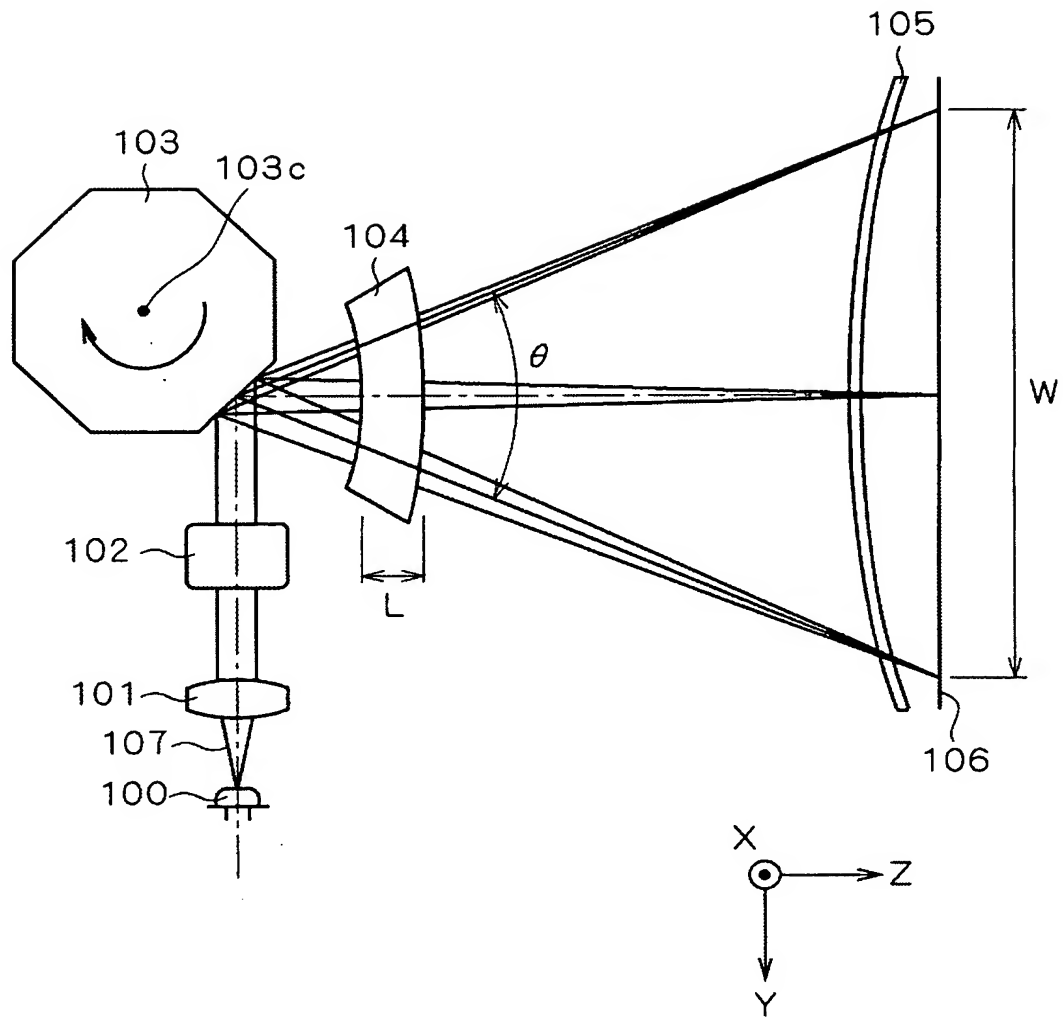
【図 38】



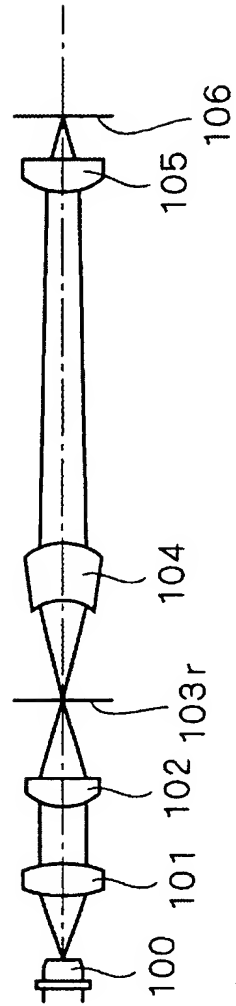
【図 39】



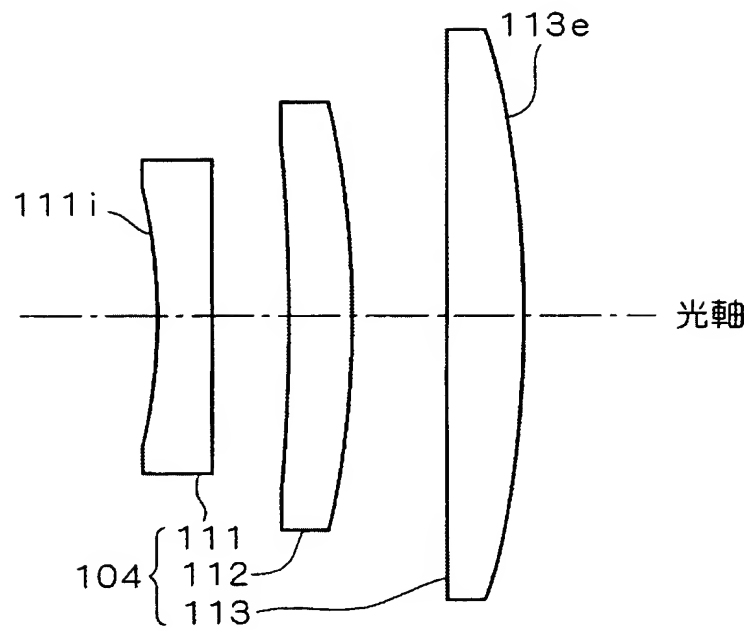
【図 40】



【図 4 1】



【図 4 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 焦点距離  $f$  を増して走査線長  $W$  を長くしても、短い全長  $L$  を有し且つ高い光学性能を有する  $f \theta$  レンズを備えたコンパクトな光走査装置を提供する。

【解決手段】 光走査装置は、コリメータレンズ 2、シリンドリカルレンズ 3、光偏向器 5、 $f \theta$  レンズ 6 およびアナモルフィックレンズ 10 を備える。 $f \theta$  レンズ 6 は、第 1 レンズ 7 A と第 2 レンズ 7 B とを貼り合わせた第 1 接合レンズ 7、第 3 レンズ 8 A と第 2 レンズ 7 B とを貼り合わせた第 2 接合レンズ 8、および、正のパワーを有する第 5 レンズ 9 の 3 群 5 枚で構成される。 $f \theta$  レンズ 6 は、 $L/f < 0.100$  および  $0.04 \leq r1/r4 \leq 0.31$  の関係式を満たして構成される。但し、 $L$  :  $f \theta$  レンズ 6 の全長、 $f$  :  $f \theta$  レンズ 6 の焦点距離、 $r1$  : 第 1 レンズ 7 A の光入射側屈折面の曲率半径、 $r4$  : 第 3 レンズ 8 A の光入射側屈折面の曲率半径。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 2 0 7 5 5 1 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 5 日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の  
1

氏 名 大日本スクリーン製造株式会社